



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

AUDITORIA ENERGÉTICA À EMPRESA TUBOPLAN

Projecto

André Filipe Oliveira dos Reis

Mestrado em Engenharia Mecânica
(Projecto e Produção Mecânica)

Abrantes / Dezembro / 2016



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Abrantes

André Filipe Oliveira dos Reis

AUDITORIA ENERGÉTICA À EMPRESA TUBOPLAN

Projecto

Orientado por:

Prof. Flávio Chaves – Instituto Politécnico de Tomar
Prof. Ana Vieira – Instituto Politécnico de Tomar

Projecto apresentado ao Instituto Politécnico de
Tomar para cumprimento dos requisitos necessários à
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica
– Projecto e Produção Mecânica

RESUMO

A energia é um bem que deve ser optimizado, sendo importante maximizar a sua produção eficiente e racionalizar o seu consumo. Neste âmbito, foram estabelecidas em Portugal várias medidas para estimular a eficiência energética. No entanto, como as Pequenas e Médias Empresas (PME) nacionais não são abrangidas pelo Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), estas não se encontram estimuladas legalmente a melhorar a forma como usam a energia, conduzindo a situações em que facilmente se podem verificar vantajosas oportunidades de racionalização de consumos que poderiam ser adoptadas para o aumento da eficiência energética das instalações com o benefício da redução de custos monetários que permitem torna-las mais competitivas.

O projecto apresentado teve como principal objectivo a realização de uma auditoria energética a uma indústria do sector metalomecânico especializada no pré-fabrico de tubagens industriais, considerada um não consumidor intensivo de energia, com consumos na ordem dos 40 tep/ano. Foram ainda avaliados a Qualidade do Ar Interior (QAI) e Conforto Térmico (CT) no Gabinete Técnico (GT) no edifício dos escritórios.

Este estudo possibilitou a desagregação de consumos, averiguando-se a sua distribuição pelos vários sectores e pelas várias utilizações. Uma abordagem à iluminação permitiu concluir que é pouco eficiente em todos os sectores e que os equipamentos se encontram envelhecidos, propondo-se a sua substituição por sistemas de iluminação *Light Emitting Diode* (LED). Através da análise das facturas energéticas verificou-se a facturação de energia reactiva indutiva no lote 27, local onde se aconselha a compensação do factor de potência através da instalação de um banco de condensadores. No que diz respeito ao autoconsumo fotovoltaico, este é actualmente um investimento apetecível do ponto de vista do consumidor que vê na produção de energia com recurso a fontes de renováveis uma forma de reduzir custos energéticos. Com um estudo efectuado a 25 anos de vida útil do sistema este define-se como um investimento viável e rentável.

Palavras-chave: Eficiência energética, Racionalização de consumos, Auditoria energética, Iluminação LED, Compensação do factor de potência, Autoconsumo fotovoltaico.

ABSTRACT

Energy is a good that must be optimized and it is important to maximize its efficient production and rationalize its consumption. In this context, were established in Portugal several measures to encourage and stimulate the energy efficiency. However, since national Small and Medium-Sized Companies (SMB) are not covered by the Energy Intensive Consumption Management System (SGCIE in the Portuguese acronym), they are not legally encouraged to improve the way they use energy, leading to situations where is easily possible to check advantageous opportunities for rationalization of consumption which could be adopted to increase energy efficiency of the facilities with the benefit of the reduction of monetary costs that allow them to become more competitive.

The aim of this project was to perform an energy audit in a metal-mechanical industry specialized in pre-fabrication of industrial pipelines, which is considered a low energy consumer, consuming around 40 tep/year. Technical Office's Indoor Air Quality (IAQ) and Thermal Comfort (TC) were also audited.

This study allowed the breakdown of consumption and ascertained its distribution across various sectors and uses. An approach to enlightenment has shown that it is aged and inefficient in all sectors being proposed their remodeling through Light Emitting Diode (LED) lighting systems. From the analysis of the energy bills, the consumption of inductive reactive energy was verified in lot 27, where the power factor compensation should be carried out through the installation of a capacitor bank. Regarding the photovoltaic self-consumption, this is currently a desirable investment from the point of view of the consumer who sees energy production using renewable sources to reduce energy costs. With a 25-year study of the system's useful life this is defined as a viable and profitable investment.

Keywords: Energy efficiency, Consumption rationalization, Energy audit, LED lightning, Power factor compensation, Photovoltaic self-consumption.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objectivos	2
1.3. Metodologia utilizada	3
1.3.1. Planeamento e preparação da auditoria	3
1.3.2. Intervenção no local da instalação a auditar	3
1.3.3. Tratamento da informação recolhida	5
1.3.4. Apresentação de potenciais melhorias	5
2. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	7
2.1. Organização da empresa	8
2.2. Infra-estruturas e localização	9
2.3. Layout e Fluxograma	11
3. ESTRATÉGIA E LEGISLAÇÃO ENERGÉTICA.....	15
3.1. Quadro das metas europeias “20-20-20”	15
3.2. Estratégia nacional – PNAEE 2016 e PNAER 2020	16
3.3. Legislação nacional em vigor	16
3.3.1. Legislação energética	17
3.3.2. Legislação da Qualidade do Ar Interior e Conforto Térmico.....	17
4. AUDITORIA ENERGÉTICA.....	21
4.1. Preparação da Auditoria.....	21
4.1.1. Contacto inicial.....	21
4.1.2. Aparelhos utilizados na Auditoria	21
4.1.3. Análise da factura energética.....	22
4.1.4. Histórico de consumos	24
4.1.5. Energia reactiva	27
4.2. Intervenção no local – Auditoria deambulatória.....	29
4.2.1. Equipamentos de produção.....	29
4.2.2. Iluminação	42
4.2.3. Climatização	43
4.2.4. Água Quente Sanitária.....	44

4.2.5.	Ar comprimido	45
4.3.	Intervenção no local – Auditoria detalhada	47
4.4.	Tratamento da informação	47
4.4.1.	Diagrama de carga geral das instalações	47
4.4.2.	Desagregação de consumos por sector	49
4.4.3.	Desagregação de consumos por utilização	50
5.	AUDITORIA À QUALIDADE DO AR INTERIOR E CONFORTO TÉRMICO	55
5.1.	Aparelhos utilizados na Auditoria	55
5.2.	Qualidade do ar interior - CO ₂	56
5.3.	Qualidade do ar interior - CO	57
5.4.	Qualidade do ar interior - COVT	58
5.5.	Qualidade do ar interior - Partículas em suspensão	58
5.6.	Conforto Térmico - Temperatura ambiente e humidade relativa.....	59
6.	ESTUDO DE PROPOSTAS E POTENCIAIS MELHORIAS	61
6.1.	Alteração da tarifa.....	61
6.2.	Compensação do factor de potência	63
6.3.	Iluminação	65
6.4.	Autoconsumo fotovoltaico.....	69
7.	CONCLUSÕES.....	77
	REFERÊNCIAS	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – As quatro divisões da BOCCARD. Fonte: Boccard	7
Figura 2 - Instalações da divisão BOCCARD PIPING. Fonte: Boccard.....	7
Figura 3 - Exemplo de produto final com o formato pipe spool, skid e estrutura metálica para suporte à tubagem, respectivamente. Fonte: Autor	8
Figura 4 - Organograma da empresa. Fonte: Boccard.....	9
Figura 5 - Localização da empresa. Fonte: <i>Google Maps</i>	9
Figura 6 - Vista aérea dos lotes constituintes da empresa: a) lote 3; b) lote 27. Fonte: Google Maps	10
Figura 7- Layout representativo das várias naves de fabrico. Fonte: Autor.....	11
Figura 8 - Fluxograma da cadeia de processos da empresa. Fonte: Autor	12
Figura 9 – Analisador de redes Circutor AR5 utilizado na auditoria energética. Fonte Autor	22
Figura 10-Energia activa facturada em kWh entre 2012 e 2015 no lote 3. Fonte: Autor....	25
Figura 11 - Energia activa facturada em kWh entre 2012 e 2015 no lote 27. Fonte: Autor	25
Figura 12 - Valores médios anuais da energia activa distribuídos pelos períodos horários no lote 3. Fonte:Autor.....	25
Figura 13 - Valores médios anuais da energia activa distribuídos pelos períodos horários no lote 27. Fonte: Auto.....	26
Figura 14 - Comparativo entre a energia activa facturada em kWh e a produção no lote 3. Fonte: Autor.....	26
Figura 15 - Comparativo entre a energia activa facturada em kWh e a produção no lote 27. Fonte: Autor.....	27
Figura 16 - Energia reactiva facturada em kVarh entre 2012 e 2015 no lote 3. Fonte: Autor	28
Figura 17 - Energia reactiva facturada em kVarh entre 2012 e 2015 no lote 27. Fonte: Autor	28
Figura 18 – Visão geral dos vários equipamentos de corte por serrote de fita. Fonte: Autor	30
Figura 19 - Visão geral dos vários equipamentos de corte por plasma. Fonte: Autor	31
Figura 20 - Visão geral dos equipamentos de chanfrar tubos. Fonte: Autor	32

Figura 21 – Visão geral da bomba hidráulica para equipamentos com accionamento eléctrico.	
Fonte: Autor.....	32
Figura 22 – Visão geral dos rectificadores eléctricos. Fonte: Autor	33
Figura 23 – Visão geral das máquinas de centrar Mingori. Fonte: Autor	34
Figura 24 – Visão geral dos engenhos de furar. Fonte: Autor.....	35
Figura 25 – Visão geral dos equipamentos utilizados no processo de soldadura TIG/SER.	
Fonte: Autor.....	37
Figura 26 - Visão geral dos equipamentos utilizados no processo de soldadura SAS/MIG/MAG. Fonte: Autor	38
Figura 27 - Visão geral das pontes/pórticos para movimentação de cargas. Fonte: Autor .	39
Figura 28 - Viradores/posicionadores. Fonte: Autor	39
Figura 29 – Visão geral dos ventiladores instalados nas naves de fabrico do lote 3. Fonte:	
Autor.....	40
Figura 30 – Visão geral da prensa hidráulica. Fonte: Autor.....	41
Figura 31 – Visão geral das estufas utilizadas na secagem e manutenção dos eléctrodos.	
Fonte: Autor.....	41
Figura 32 - Exemplos das iluminarias existentes nas instalações. Fonte: Autor.....	43
Figura 33 - Exemplos de unidades exteriores e interiores dos sistemas de climatização.	
Fonte: Autor.....	43
Figura 34 - Termoacumulador eléctrico Vulcano instalado no lote 3. Fonte: Autor.....	45
Figura 35 - Termoacumulador eléctrico FogãoSol instalado no lote 27. Fonte: Autor.....	45
Figura 36 - Compressores Tamrock instalado no lote 3. Fonte: Autor	46
Figura 37 - Compressor Hydrovanne instalado no lote 27. Fonte: Autor	47
Figura 38- Diagrama de Carga das instalações do lote 3. Fonte: Autor.....	48
Figura 39 - Diagrama de Carga das instalações do lote 27. Fonte: Autor.....	48
Figura 40 - Desagregação de consumos por sector. Fonte: Autor.....	49
Figura 41 - Desagregação de consumos nos escritórios. Fonte: Autor	50
Figura 42- Desagregação de consumos na oficina. Fonte: Auto	52
Figura 43 - Desagregação de consumos no refeitório e vestiários. Fonte: Autor.....	53
Figura 44 – Visão geral do GT. Fonte: Autor.....	55
Figura 45 - Aparelhos utilizados na auditoria QAI. Fonte: Autor.....	56
Figura 46 - Concentração de CO ₂ registados no GT. Fonte: Autor.....	56

Figura 47 - Concentração de CO registados no GT. Fonte: Autor	57
Figura 48 - Concentração de COV's registados no GT. Fonte: Autor	58
Figura 49 - Evolução da temperatura no interior do GT. Fonte: Autor	59
Figura 50 - Evolução da humidade relativa no interior do GT. Fonte: Autor	59
Figura 51 - Principais características do painel REC 260PE. Fonte: <i>PVSyst</i>	72
Figura 52 - Principais características do inversor Fronius ECO 25.0-3-S. Fonte: <i>PVSyst</i> ..	73
Figura 53 - Características gerais da UPAC simulada. Fonte: <i>PVSyst</i>	73

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos lotes constituintes da empresa.	10
Tabela 2 - Regulamentos aprovados relativos ao desempenho energético e QAI dos edifícios.	18
Tabela 3 - Limites legais para alguns dos poluentes do ar interior.	19
Tabela 4 - Situação contractual da empresa relativamente ao fornecimento de energia.	23
Tabela 5 - Preços da energia para os vários períodos horários.....	23
Tabela 6 – Quantidade de horas dos diferentes períodos tarifários para o ciclo semanal. ..	24
Tabela 7 - Escalões de facturação da energia reactiva indutiva.	28
Tabela 8 – Equipamentos de corte por serrote de fita.	30
Tabela 9 – Características dos equipamentos de corte por plasma.....	31
Tabela 10 – Características dos equipamentos para chanfrar tubos.	31
Tabela 11 - Características dos rectificadores eléctricos.....	33
Tabela 12 - Características das máquinas de centrar.	34
Tabela 13 – Características dos engenhos de furar.....	35
Tabela 14 – Equipamentos utilizados no processo de soldadura.....	36
Tabela 15 – Características dos equipamentos utilizados no processo de soldadura TIG/SER.	36
Tabela 16 - Características dos equipamentos utilizados no processo de soldadura SAS/MIG/MAG.	37
Tabela 17 – Características das pontes/pórticos para movimentação de cargas.....	38
Tabela 18 - Características dos viradores/posicionadores.	39
Tabela 19 - Características dos ventiladores instalados nas naves de fabrico do lote 3.....	40
Tabela 20 – Características da prensa hidráulica.....	40
Tabela 21 – Características das estufas utilizadas na secagem e manutenção dos eléctrodos.	41
Tabela 22 – Características das lâmpadas instaladas na empresa.	42
Tabela 23 - Percentagem de lâmpadas (quantidade e potência instalada).....	42
Tabela 24 – Características gerais das unidades de climatização. Fonte: Autor	44
Tabela 25 - Características gerais dos termoacumuladores eléctricos.	44
Tabela 26 - Características gerais dos compressores instalados.....	46

Tabela 27 – Apresentação dos valores de energia consumida por sector.....	49
Tabela 28 - Apresentação dos valores de energia consumida por utilização final no sector dos escritórios.....	51
Tabela 29 - Apresentação dos valores de energia consumida por utilização final no sector da oficina.....	52
Tabela 30 - Apresentação dos valores de energia consumida por utilização final no sector da refeitório e vestiários.....	53
Tabela 31 - Comparação das percentagens de cada um dos períodos horários relativo ao lote 3.....	61
Tabela 32 - Comparação das percentagens de cada um dos períodos horários relativos ao lote 27.....	62
Tabela 33 - Custos relativos à facturação de energia activa e reactiva.....	63
Tabela 34 – Cálculo dos valores de $\cos \phi$ durante o ano de 2012 nas instalações do lote 27.....	64
Tabela 35 - Apresentação da potência do banco de condensadores a instalar.....	65
Tabela 36 - Apresentação da iluminação presente nos escritórios do lote 3 e respectiva proposta.....	66
Tabela 37 - Apresentação da iluminação presente nas naves de fabrico do lote 3 e respectiva proposta.....	67
Tabela 38 - Apresentação da iluminação presente nas naves de fabrico do lote 27 e respectiva proposta.....	68
Tabela 39 - Apresentação dos projectores presentes no lote 3 e respectiva proposta.....	69
Tabela 40 - Principais componentes da UPAC proposta e seus valores.....	74
Tabela 41 - Condições técnico-financeiras consideradas para a simulação.....	74
Tabela 42 - Desempenho financeiro da UPAC simulada.....	75
Tabela 43 - Dados energéticos previstos em 25 anos para a UPAC simulada.....	75

Lista de abreviaturas

- CA** - Corrente Alternada
- CC** - Corrente Continua
- CELE** - Comércio Europeu de Licenças de Emissão
- CIE** - Consumidoras Intensivas de Energia
- CO₂** - Dióxido de carbono
- CO** - Monóxido de carbono
- COVT** - Composto Orgânico Volátil Totais
- CT** - Conforto Térmico
- DC** - Diagrama de Carga
- DL** - Decreto-Lei
- EAHFV** - Energia Activa nas Horas Fora do Vazio
- EN** - *European Normalization*
- ERHFV** - Energia Reactiva nas Horas Fora do Vazio
- ERHV** - Energia Reactiva nas Horas de Vazio
- GT** - Gabinete Técnico
- GEE** - Gases com Efeito de Estufa
- HFV** - Fora das Horas de Vazio
- ISO** - *International Organization for Standardization*
- LCOE** - *Levelized Cost of Energy*
- LED** - *Light Emitting Diode*
- MAG** - *Metal Active Gas*
- MIG** - *Metal Inert Gas*
- MT** - Média Tensão
- NUTS** - Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos
- OSHSAS** - *Occupational Health and Safety Advisory Services*
- PME** - Pequenas e Médias Empresas
- PNAC** - Plano Nacional para as Alterações Climáticas
- PNAEE** - Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética
- PNAER** - Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis
- PREn** - Planos de Racionalização dos Consumos de Energia

PRIA - *Payback* com Actualização de Capital

PT - Posto de Transformação

QAI - Qualidade do Ar Interior

QGBT - Quadro Geral de Baixa Tensão

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RECS - Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Comércio e Serviços

REH - Regulamento de Desempenho Energético de Edifícios de Habitação

RESP - Rede Eléctrica de Serviço Público

RGCE - Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia

ROI - Retorno de Investimento

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

SAS - Soldadura por Arco Submerso

SCE - Sistema de Certificação Energética dos edifícios

SER - Soldadura por Eléctrodo Revestido

SGCIE - Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

TIG - *Tungsten Inert Gas*

TIR - Taxa Interna de Rentabilidade

UE - União Europeia

UPAC - Unidade de Produção para Autoconsumo

UPP - Unidade de Pequena Produção Distribuída

VAC - Volume de Ar Constante

VAL - Valor Actualizado Líquido

WU - *Weld units*

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

No âmbito da unidade curricular “*Dissertação, Trabalho de Projecto ou Estágio de Natureza Profissional*”, do Mestrado em Engenharia Mecânica – Projecto e Produção Mecânica, apresenta-se o trabalho de projecto: *Auditoria Energética à empresa TUBOPLAN*.

A energia é um bem cuja utilização deve ser otimizada, sendo importante maximizar a eficiência dos processos de produção e racionalizar o seu consumo. O tema do presente trabalho expõe diversas acções que visam a redução dos custos de energia e a redução dos consumos energéticos. Estas medidas são essenciais a um desenvolvimento sustentado, pois [\[1\]](#):

- Permitem uma optimização dos processos e uma redução das facturas energéticas, promovendo o aumento da competitividade entre organizações;
- Alertam para a importância da racionalização de energia e eficiência energética, permitindo a redução da dependência externa devido à aquisição de energia primária;
- Possibilitam a redução do impacte ambiental, contribuindo para uma menor emissão de gases poluentes e para a redução dos seus efeitos sobre o meio ambiente.

A gestão de energia pode conduzir a um consumo mais racional e deve ser encarada como um elemento essencial na estratégia de eficiência energética. Desta forma é possível a redução dos custos com energia, a redução das emissões de gases com efeito de estufa e o aumento da sustentabilidade das organizações através de uma gestão energética sistemática.

Com efeito, qualquer processo de gestão de energia terá necessariamente que começar pelo conhecimento da situação energética da instalação. O levantamento energético representa uma etapa essencial para a caracterização do desempenho energético da uma indústria. Através deste quantifica-se a energia consumida, avalia-se a forma como essa energia é utilizada, estabelecem-se os principais fluxos e identificam-se os sectores ou equipamentos onde é prioritário intervir.

A identificação e caracterização dos principais equipamentos consumidores de energia numa indústria ou processo permite o estudo de medidas com potencial para aumentar a eficiência energética, assim como uma redução do consumo específico de energia (kWh/kgprod) e, consequentemente, do custo de produção [\[1\]](#).

1.2. Objectivos

Este projecto teve como principal objectivo a realização de uma auditoria energética a uma empresa do sector metalomecânico especializada no pré-fabrico de tubagens industriais. O trabalho envolveu a caracterização energética da unidade fabril e a determinação da Qualidade do Ar Interior (QAI) e conforto térmico (CT) do edifício dos escritórios, nomeadamente do Gabinete Técnico (GT). Numa óptica de eficiência energética e de utilização racional de energia, a informação recolhida teve em vista a determinação de potenciais economias de energia, com o intuito de diminuir consumos e a respectiva factura energética.

A análise da auditoria realizada teve como objectivos de estudo:

- Avaliação preliminar do estado energético da empresa através da recolha e análise de informação existente em facturas energéticas, registos de consumo e características dos equipamentos;
- Levantamento e análise crítica das condições de utilização de energia nas instalações através da quantificação dos consumos energéticos por sector, por utilização e por período horário;
- Avaliação da QAI no GT no edifício dos escritórios;
- Identificação de potenciais melhorias energéticas através da implementação de medidas com viabilidade técnico-económica favorável.

1.3. Metodologia utilizada

Para a execução de uma auditoria, é de grande importância definir e estabelecer a sequência das acções que possibilitem obter um conhecimento profundo da instalação em análise, de modo a detectar, quantificar e tentar corrigir as perdas de energia existentes. A metodologia a adoptar para uma auditoria depende do seu âmbito, da dimensão e do tipo das instalações a auditar. Para este projecto foi adoptada uma metodologia com base em quatro fases [\[2,3\]](#):

- Planeamento e preparação da auditoria;
- Intervenção no local da instalação a auditar;
- Tratamento da informação recolhida;
- Apresentação de potenciais melhorias.

1.3.1. Planeamento e preparação da auditoria

Esta fase consiste, essencialmente, na preparação e planeamento dos procedimentos a efectuar para a realização da auditoria, nomeadamente a preparação da intervenção ao nível do trabalho de campo. Esta fase passou por uma visita prévia às instalações a auditar, que permitiu um primeiro contacto com a instalação e possibilitou uma análise completa do processo produtivo implementado, tendo-se estabelecido os fluxogramas e *layouts* correspondentes. Foram também avaliados os pontos (circuitos, sectores, processos, equipamentos) onde se viriam a realizar as medidas e registos energéticos. Por último, procedeu-se à recolha dos dados de facturação energética dos últimos anos.

1.3.2. Intervenção no local da instalação a auditar

Os objectivos desta fase passaram por um levantamento, e descrição dos principais sectores da instalação, processos e regimes de funcionamento, equipamentos instalados, consumos e facturação de todas as formas de energia utilizadas (energia eléctrica neste caso), e instalações técnicas, nomeadamente as eléctricas, com especial atenção direccionada para a identificação de oportunidades de racionalização de consumos de energia. Desta forma, esta fase foi constituída por duas etapas: auditoria deambulatória e auditoria detalhada.

Na auditoria deambulatória foi efectuada uma visita às instalações com a finalidade de recolher informação relativa aos diversos equipamentos e para análise das condições de utilização da energia. Desta forma, e tendo como objectivo a familiarização com as instalações, foi realizada uma vistoria a todos os equipamentos (equipamento de produção e de apoio à produção, iluminação, climatização, água quente sanitária, entre outros), espaços, processos e modos de utilização de energia. No desenvolvimento desta etapa, foram recolhidos dados e informações relativos a circuitos e cargas existentes, foram identificados e localizados os quadros eléctricos e circuitos que estes alimentam, foram caracterizados os equipamentos existentes, obtidos os hábitos de utilização e informações relativas a comportamentos na utilização de espaços e equipamentos. Durante a visita existiu ainda a preocupação de identificar situações anómalas inerentes às más práticas energéticas por parte dos utilizadores das instalações, nomeadamente ao nível da má utilização das tecnologias existentes, que conduzem a consumos desnecessários. Esta recolha de dados e informações permitiu uma análise mais detalhada das características e condições do uso de energia nos edifícios, bem como estimar os consumos energéticos dos mesmos.

Na auditoria detalhada foi realizada uma análise desagregada dos consumos dos diversos processos, sectores e equipamentos, permitindo uma caracterização diária, semanal, mensal ou sazonal dos seus consumos. Assim, procedeu-se nesta fase à instalação dos equipamentos de medição nos circuitos, equipamentos e sectores previamente definidos como sendo os mais importantes para a obtenção de informações que permitam tirar conclusões úteis e detalhadas no sentido de apresentar planos de racionalização de consumos eficazes. A recolha de dados através das monitorizações referidas, permitem traçar perfis de consumo em função do nível de utilização dos espaços e diagramas de cargas, bem como permitem quantificar consumos de energia e determinar índices de eficiência energética para os edifícios auditados. Através dos dados recolhidos é possível identificar consumos de energia desnecessários, reunir indicadores que permitam analisar e propor desvios de consumos de energia, para períodos horários onde o preço da energia é inferior, bem como permitam identificar anomalias na instalação e em equipamentos que utilizam energia eléctrica.

1.3.3. Tratamento da informação recolhida

Nesta fase procedeu-se ao tratamento e análise dos dados recolhidos ao longo da auditoria energética, resultando numa caracterização detalhada do comportamento da instalação. O tratamento foi orientado no sentido de determinar os consumos específicos de energia por equipamento, bem como o consumo global da instalação, caracterizar custos de facturação de energia, determinar perfis de consumos, diagramas de carga e desagregação dos consumos pelos principais sectores. Estes resultados permitem avaliar o potencial de economias de energia e apresentar propostas de melhoria de forma a corrigir modos de funcionamento ineficientes, anomalias detectadas e consumos de energia desnecessários.

1.3.4. Apresentação de potenciais melhorias

Por fim, após o tratamento da informação recolhida foram efectuadas várias análises técnico-económicas de custo-benefício para as várias propostas de melhoria apresentadas. São descritas as medidas e os investimentos necessários para obter potenciais economias, identificando custos estimados e a avaliação da viabilidade económica dos mesmos. Estas propostas de melhoria visam diminuir o consumo de energia eléctrica e, consequentemente diminuir os encargos financeiros com a mesma.

2. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A empresa TUBOPLAN¹, pertencente à multinacional francesa BOCCARD, foi criada a 8 de Outubro de 1992 e está localizada na zona industrial de Montalvo, concelho de Constância. Pertence ao sector das indústrias transformadoras, nomeadamente ao fabrico de estruturas e construções metálicas. A sua principal actividade consiste no pré-fabrico de tubagens para as mais diversas áreas industriais.

A multinacional está presente nos cinco continentes e é composta por quatro grandes divisões (Figura 1).

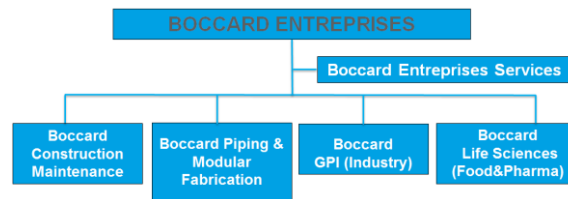


Figura 1 – As quatro divisões da BOCCARD. Fonte: Boccard

Dedica-se à concepção, fabrico e montagem de instalações industriais nas áreas da indústria petrolífera, energética, naval, petroquímica e gás. A divisão da BOCCARD PIPPING, na qual está enquadrada a TUBOPLAN, tem instalações de pré-fabrico de tubagens industriais em Portugal, Estados Unidos, Venezuela, Malásia, entre outros países (Figura 2).



Figura 2 - Instalações da divisão BOCCARD PIPPING. Fonte: Boccard

¹ À data da elaboração deste relatório a empresa encontra-se em processo de alteração de nome. Tuboplan – Tubagens Industriais, Lda, passa a ser designada por Boccard Portugal, Lda.

A empresa é certificada pela norma ISO 9001:2008 que atesta os sistemas de gestão da qualidade, sendo um dos seus principais objectivos garantir a qualidade do produto final face às exigências do cliente. Além desta, a empresa possui também certificação em Ambiente e Segurança pelas normas ISO 14001:2004 e OSHSAS 18001:2007 no âmbito da actividade de pré-fabrico de tubagens industriais e estruturas metálicas. É ainda certificada pelas normas de construção EN 13480 e ASME secções I e VIII.

Tendo em consideração a área de actuação da empresa e os diferentes tipos de projectos que desenvolve, o produto final nem sempre exhibe as mesmas características. Este pode apresentar-se em formato *pipe spool*, *skid* ou sob forma de qualquer estrutura metálica inerente à tubagem industrial (Figura 3).



Figura 3 - Exemplo de produto final com o formato *pipe spool*, *skid* e estrutura metálica para suporte à tubagem, respectivamente. Fonte: Autor

2.1. Organização da empresa

Na Figura 4 é representado o organograma da empresa. Através do seu esquema organizacional é perceptível que a empresa se encontra dividida em cinco departamentos. O departamento Administrativo e Financeiro tem como função assegurar as tarefas de contabilidade e recursos humanos da empresa, bem como todo o trabalho de secretaria e gestão dos serviços de tecnologias de informação. O departamento de Manufatura é responsável pelo processo de fabrico (corte, montagem e soldadura), assim como pela recepção e expedição de material. O departamento de Projectos, por sua vez, engloba o processo de logística e compras e ainda o desenvolvimento técnico dos projectos, devendo assegurar a gestão destes e a preparação de trabalho. O departamento da Qualidade e Soldadura assegura todos os serviços relacionados com o controlo de qualidade e ensaios não destrutivos, supervisionando os processos de forma a garantir a qualidade e o

cumprimento dos requisitos de cada projecto em execução. Por último, o departamento Comercial é responsável pela “ponte” entre a empresa e os clientes, levando a cabo funções nas áreas de venda, prospecção de clientes, elaboração e negociação de propostas de venda.

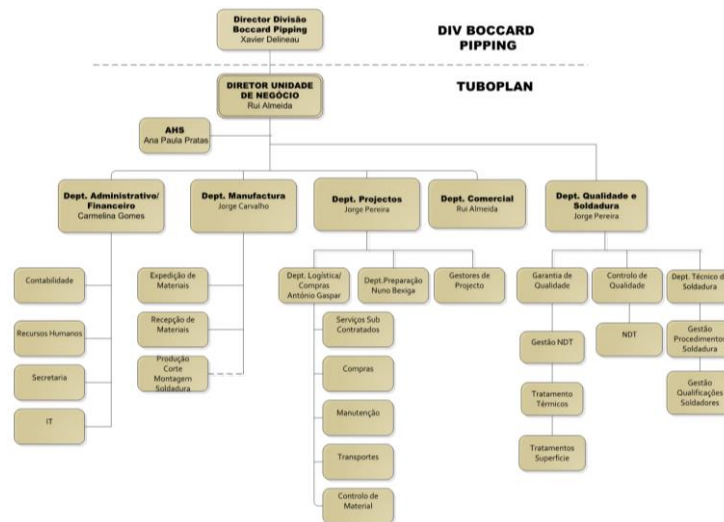


Figura 4 - Organograma da empresa. Fonte: Boccard

2.2. Infra-estruturas e localização

A empresa é composta por dois lotes (lote 3 e 27) localizados em Montalvo, concelho de Constância (Figura 5). De acordo com a Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos (NUTS) de nível III, Constância integra a região do Médio Tejo e insere-se na zona climática de Inverno I2 e Verão V3 [4].



Figura 5 - Localização da empresa. Fonte: Google Maps

O lote 3 (Figura 6a) inclui um edifício de escritórios, um de fabrico (oficina) dividido em três naves, vestiários e refeitório. O lote 27 (Figura 6b) é constituído por um edifício com uma nave de fabrico, vestiários e refeitório. De notar que, aquando da Auditoria, o lote 27 encontrava-se inativo, sendo apenas realizada a Auditoria Deambulatória e uma monitorização geral ao consumo energético.

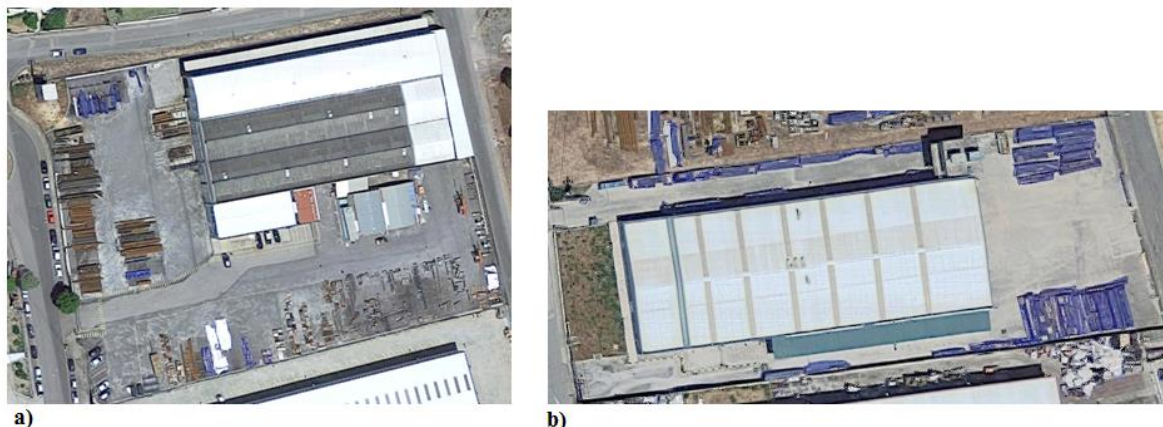


Figura 6 - Vista aérea dos lotes constituintes da empresa: a) lote 3; b) lote 27. Fonte: *Google Maps*

A Tabela 1 apresenta as características de ambos os lotes.

Tabela 1 - Características dos lotes constituintes da empresa.

	Lote 3	Lote 27
Área total	13000m ²	4200m ²
Área coberta total	3612m ²	1536m ²
Nave 1	860m ²	1350m ²
Nave 2	860m ²	-
Nave 3	860m ²	-
Vestiários + Refeitório	200m ²	200m ²
Escritórios	300m ²	-

2.3. *Layout e Fluxograma*

Aquando da recepção dos materiais (tubos ou acessórios), estes são armazenados em locais próprios consoante a sua natureza, ficando devidamente acondicionados em *stock* até ser necessária a sua utilização. Após instrução de que irão integrar a produção, são fornecidos nas zonas reservadas para o efeito, com a respectiva identificação, entrando assim na nave de fabrico. O *layout* das várias naves de fabrico é idêntico e é representado na Figura 7.

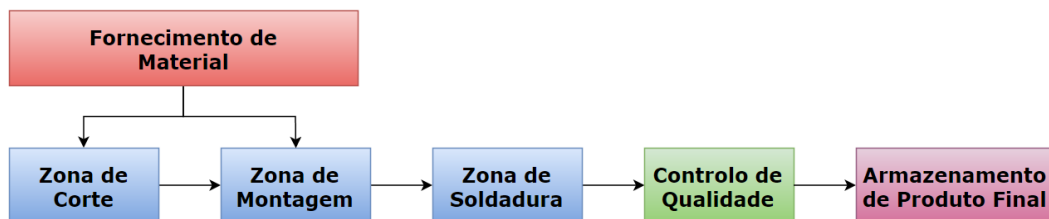


Figura 7- *Layout* representativo das várias naves de fabrico. Fonte: Autor

As naves de fabrico são constituídas por três zonas ditas de fabrico:

- Zona de corte – onde são cortados os tubos necessários para as peças em fabrico;
- Zona de montagem – onde é feita a montagem dos tubos e acessórios que constituem a peça a fabricar;
- Zona de soldadura – onde são feitas as soldaduras necessárias em cada peça.

Após o processo de fabrico as peças seguem para o controlo de qualidade, onde se procede ao controlo visual e dimensional e são efectuados os testes não destrutivos, de acordo com as normas em vigor para o projecto. Por fim, as peças são armazenadas nas zonas reservadas para o efeito, sendo enviadas para tratamento de superfícies, caso seja exigido, ou directamente expedidas para o cliente.

Na Figura 8 encontra-se o fluxograma da cadeia de processos da empresa. Este representa as várias etapas envolvidas na gestão de todo o processo desde a aquisição de materiais até à expedição do produto final para o cliente. As etapas do processo de fabrico são registadas no *software* de gestão interno às empresas do grupo BOCCARD, que permite a gestão de

materiais e de produção, bem como manter a traçabilidade do fabrico, testes não destrutivos e logística.

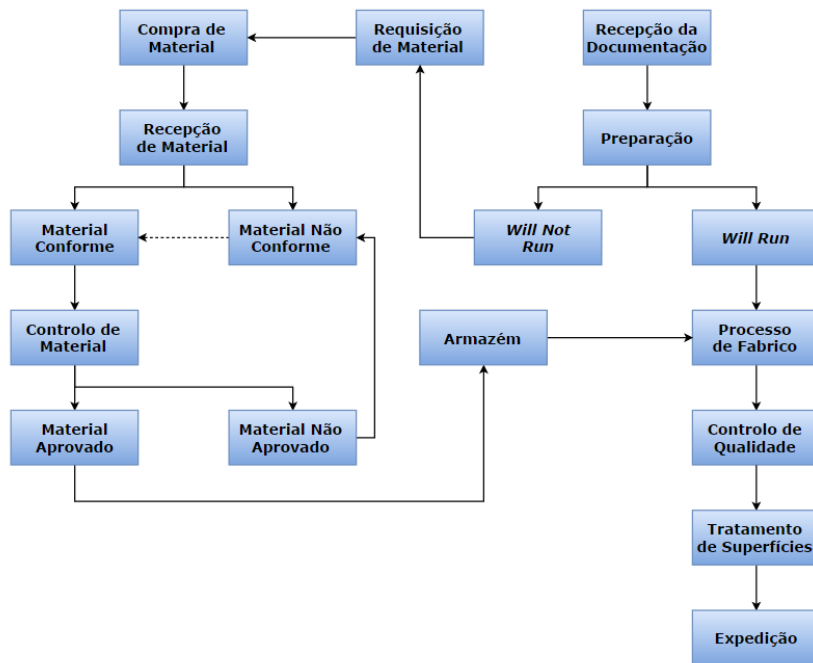


Figura 8 - Fluxograma da cadeia de processos da empresa. Fonte: Autor

Todos os projectos realizados na empresa têm início com a aquisição dos materiais necessários à sua execução. Quando estes são entregues, é feita a sua recepção onde se verifica a conformidade com a lista de material encomendado e respectivos certificados. Se estiver conforme é aprovado e dado como bom para utilização, caso contrário será aberto um relatório de não conformidade para dar a conhecer a situação aos intervenientes (cliente, fornecedor de material...) e avaliar o melhor processo para resolver a situação. Com a aprovação do material, é feita a sua identificação e sendo então acondicionados em local apropriado consoante as suas características (tipo de material, dimensão...). Por fim, todos os materiais recebidos são registados no *software* de gestão da empresa.

Paralelamente à compra, entrega e verificação dos materiais, é recebida a documentação técnica do projecto, nomeadamente os planos isométricos e procedimentos a adoptar. São então, através do departamento de Projectos, compilados os procedimentos e especificações exigidos. Com toda a documentação técnica compilada, é feita então a recepção dos planos

isométricos sendo criado um registo de entrada no sistema de gestão. São assim indexados todos os planos e é feito um estudo dos mesmos de forma a determinar o material necessário e quais as soldaduras a efectuar. Toda esta informação é colocada no sistema, sendo neste momento identificadas e registadas em peças (ou *spools*). Estas peças não são mais do que os planos isométricos divididos em peças transportáveis.

Depois de confirmados todos os registos efectuados, assegurando que toda a informação carregada para o sistema está correcta, é feita por este uma simulação de todas as peças fabricáveis. É compilada a informação de todo o material disponível para utilização (material aprovado e validado) e de todas as quantidades de material e soldaduras registadas no sistema, resultando numa lista de peças 100% fabricáveis. Estas peças são então lançadas para fabrico, identificadas por um código de traçabilidade. Após o seu fabrico, toda a informação referente aos operários envolvidos, procedimentos de soldadura e material consumível é registada no sistema, que vai identificar os testes não destrutivos a serem efectuados, novamente de acordo com as especificações do projecto. As peças seguem para controlo de qualidade, onde será feita uma verificação visual e dimensional e onde serão identificadas as soldaduras alvo de testes. Os resultados dos testes são verificados por um inspector externo à empresa que os validará ou não dependendo da sua conformidade. Após a conclusão destes e de ser registada toda a informação no sistema, é imitada a documentação final por peça que vai conter toda a informação que lhe é referente. Esse documento final é então transmitido ao cliente para aprovação. Por fim, as peças seguem para tratamento de superfície, se necessário, caso contrário são expedidas directamente para o cliente.

3. ESTRATÉGIA E LEGISLAÇÃO ENERGÉTICA

3.1. Quadro das metas europeias “20-20-20”

O quadro das metas europeias “20-20-20” define os objectivos energéticos a serem cumpridos até ao ano 2020, abrangendo todos os estados membros da União Europeia (UE). Pretende-se, assim [\[5\]](#):

- Obter uma redução de 20% nas emissões de gases com efeito de estufa (GEE), relativamente aos níveis de 1990;
- Aumentar em 20% a quota de utilização de energias renováveis no consumo final bruto;
- Reduzir o consumo de energia primária em 20%, face à projecção do consumo para 2020, através do aumento da eficiência energética.

No caso concreto de Portugal, foi estabelecida uma redução de 25% no consumo de energia previsto para 2020, limitando-o nos cerca de 22,5 Mteps. Estipulou-se ainda uma diminuição de 30% nos consumos energéticos relativos aos edifícios do sector público e pretende-se que 31% do consumo final bruto de energia, assim como 10% da energia total utilizada para os transportes, sejam conseguidos através do recurso a energia proveniente de fontes endógenas renováveis [\[5\]](#).

Estas propostas têm como objectivo a meta ambiental que pretende limitar em 1%, até 2020 e face aos valores de 2005, as emissões de GEE em todos os sectores não abrangidos pelo regime de Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE). O CELE é um mecanismo flexível previsto no contexto do Protocolo de Quioto, o qual se constitui o primeiro instrumento de mercado intracomunitário de regulação das emissões de GEE [\[6\]](#).

3.2. Estratégia nacional – PNAEE 2016 e PNAER 2020

A política energética nacional visa dois princípios essenciais, a racionalidade económica e a sustentabilidade. Com vista a atingi-los, é necessário promover medidas de eficiência energética, aumentar a utilização de energias renováveis e reduzir os custos inerentes [7].

Foram criados, nesse sentido, o Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) e o Plano Nacional de Acção para as Energias Renováveis (PNAER), os quais pretendem assegurar os objectivos impostos pela UE e garantir a continuidade das medidas que permitem alcançar o desenvolvimento do modelo energético proposto, sem comprometer a competitividade entre empresas e/ou a qualidade de vida dos cidadãos europeus. Em 2013, o PNAEE e o PNAER, que até aí foram tratados separadamente, são então integrados, passando desta forma a existir uma acção centrada no cumprimento dos objectivos nacionais e europeus, reduzindo-se o investimento necessário e aumentando a competitividade nacional. Alinharam-se, assim, os respectivos objectivos, tendo como base o consumo de energia primária e a necessária contribuição do sector energético para que se reduzam as emissões de GEE. Foram substituídas, após esta integração, as medidas difíceis de quantificar ou com um impacte final reduzido e reforçadas outras medidas existentes, com maior facilidade de implementação e de menores custos [8].

A criação destes dois planos foi feita com base na necessidade de criação de instrumentos de planeamento energético que permitissem alcançar as metas e os compromissos assumidos por Portugal em matéria de eficiência energética e da sua utilização de energia proveniente de fontes renováveis [7].

3.3. Legislação nacional em vigor

Ao longo das últimas décadas, mais particularmente nos últimos anos, tem-se assistido a uma evolução da legislação referente ao aumento da eficiência energética dos edifícios. A implementação destes regulamentos tem sido alvo de um esforço acrescido por parte do governo português, que dando ênfase à utilização de energia renovável, permitiu que ao longo dos últimos anos se tenha adquirido alguma experiência relevante nesta área, contribuindo para um aumento da eficácia deste tipo de legislação em Portugal.

3.3.1. Legislação energética

Assim, no âmbito da Estratégia Nacional para a Energia, foi publicado o DL 71/2008, que vem regulamentar o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), aplicado às instalações consumidoras intensivas de energia com consumos superiores a 500 tep/ano. O novo decreto resulta da revisão do Regulamento de Gestão dos Consumos de Energia (RGCE), uma das medidas constantes do PNAEE. Este Diploma foi alterado pela Lei 7/2013, e pelo DL 68-A/2015.

Neste quadro, o presente DL define quais as instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), estendendo a sua aplicação a um conjunto mais abrangente de empresas e instalações com vista ao aumento da sua eficiência energética tendo em atenção a necessidade de salvaguardar a respectiva base competitiva no quadro da economia global.

O SGCIE prevê ainda que as instalações consideradas CIE realizem, periodicamente, auditorias energéticas que incidam sobre as condições de utilização de energia e promovam o aumento da eficiência energética, incluindo a utilização de fontes de energia renováveis. Prevê, ainda, a elaboração e execução de Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn) que contemplem objectivos mínimos de eficiência energética [\[9\]](#).

A empresa na qual incide este projecto é uma empresa com um consumo energético abaixo dos 500 tep/ano, logo não é abrangida por este programa, podendo no enquanto aplicar de forma voluntária o SGCIE e celebrar Acordos de Racionalização do Consumo de Energia com a Direcção-Geral de Energia e Geologia [\[9\]](#).

3.3.2. Legislação da Qualidade do Ar Interior e Conforto Térmico

Em Portugal, a preocupação com a gestão energética dos edifícios remonta à década de 90, quando foi publicado o DL 156/92. Este incidia sobre a componente energética dos imóveis, relativa à qualidade dos sistemas de climatização e às condições do ambiente interior. Só em 2006 é que a componente da QAI deu entrada na legislação portuguesa, ainda que acoplada à certificação energética dos edifícios, pois esta é influenciada pela ventilação do ar que por sua vez afecta o desempenho energético dos edifícios. Em 2002 a União Europeia, publicou a Directiva 2002/91/CE, relativa ao desempenho energético dos edifícios, de modo a que os Estados-Membros criassem legislação própria para avaliar e certificar energeticamente os

edifícios. Portugal foi um dos países que além da parte energética, acoplou também a avaliação da QAI. Esta legislação surgiu em 2006, através da publicação do DL 78/2006, DL 79/2006 e DL 80/2006. A legislação propriamente dita de QAI, concentra partes dos três DL embora a sua base essencial se encontre descrita no RSECE. Nesta são descritos os parâmetros físicos (temperatura, humidade relativa, velocidade do ar e caudais mínimos de ar novo) e químicos (Monóxido e Dióxido de Carbono, etc) [\[10\]](#)

A Tabela 2 mostra como está dividida a legislação da QAI pelos DL referidos.

Tabela 2 - Regulamentos aprovados relativos ao desempenho energético e QAI dos edifícios.

Diploma	Aprova	Sobre
DL 78/2006	SCE	Desempenho energético e QAI em edifícios
DL 79/2006	RSECE	Definição da eficiência e características mínimas dos sistemas de climatização e QAI
DL 80/2006	RCCTE	Definição de padrões de qualidade energético-ambiental da construção

Com a transposição da Directiva 2010/31/UE para o direito nacional através da publicação do DL 118/2013, este passa agora a contemplar toda a legislação referente ao desempenho energético dos edifícios. Em relação à QAI, as auditorias foram eliminadas, dando maior relevância à manutenção dos valores mínimos de caudal de ar novo e dos limites de protecção para os poluentes do ar interior, de modo a salvaguardar a saúde e o bem-estar dos ocupantes. Esses valores foram, entretanto, actualizados pela publicação da Portaria 353-A/2013, de 4 de Dezembro. Esta portaria é o grande instrumento legislativo de apoio para a verificação dos limites legais dos poluentes encontrados nos diferentes espaços de estudo [\[10\]](#). A Tabela 3 apresenta os valores para alguns desses poluentes [\[11\]](#).

Tabela 3 - Limites legais para alguns dos poluentes do ar interior.

Poluente	Valor limite	Tolerância ¹
Dióxido de carbono (CO ₂)	2250 mg/m ³ ; 1250 ppm	30%
Monóxido de carbono (CO)	10 mg/m ³ ; 9 ppm	-
Compostos Orgânicos Voláteis Totais (COVT's)	600 µg/m ³	100%
Partículas em suspensão (fracção PM10)	50 µg/m ³	100%
Partículas em suspensão (fracção PM2,5)	25 µg/m ³	100%

¹ Considerando apenas ventilação natural.

4. AUDITORIA ENERGÉTICA

4.1. Preparação da Auditoria

Tal como referido na secção 1.3.1, a fase de preparação da auditoria passou por uma visita prévia às instalações a auditar, permitindo um primeiro contacto com a instalação e uma análise completa do processo produtivo implementado. Nesta fase foram igualmente avaliadas as zonas a considerar para uma análise mais detalhada, identificados os circuitos mais adequados para desagregação de consumos e, conseqüentemente, os locais onde seriam instalados os equipamentos para efetuar registos de consumos energéticos, essenciais à identificação e quantificação das medidas de melhoria. Por último, procedeu-se à recolha documental dos dados de facturação energética dos últimos anos.

4.1.1. Contacto inicial

O primeiro contacto com as instalações a auditar constitui uma etapa importante em todo o processo da auditoria, pois permite reunir informações sobre o funcionamento das instalações, facilitando assim o cumprimento dos objectivos das fases que se seguem. Normalmente, este inicia-se com o contacto entre a equipa auditora e os responsáveis da instalação, porém, sendo este projecto executado por um colaborador da empresa a auditar, e uma vez que esta não tem nos seus quadros um responsável pelas instalações, foi função do autor reunir informações sobre o modo de funcionamento da empresa, fontes de energia utilizadas no âmbito do processo laboral e facturação energética.

A recolha destas informações é importante não só ao nível da determinação dos objectivos associados às fases seguintes, mas também para definir os objectivos da auditoria energética e ainda como suporte à tomada de decisões.

4.1.2. Aparelhos utilizados na Auditoria

Após análise ao *layout* do processo produtivo da empresa, que é representado na secção 2.3, foi definido que deveriam ser desagregados os consumos das várias zonas de fabrico, nomeadamente zona de corte, montagem e soldadura, bem como da iluminação das naves

de fabrico e compressor. Foram ainda obtidos os diagramas de carga dos lotes 3 e 27 resultantes de uma semana de monitorização ao Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT).

Assim, após a identificação dos locais onde seria pertinente obter medições, optou-se pela recolha de consumos de energia com recurso a um analisador de redes da Circutor, mais especificamente o modelo AR5 (Figura 9).



Figura 9 – Analisador de redes Circutor AR5 utilizado na auditoria energética. Fonte Autor

Este instrumento mede directamente a tensão e intensidade de corrente e calcula a energia activa e reactiva, o factor de potência, os consumos máximos e mínimos, entre outros, permitindo ainda o registo em memória de diferentes parâmetros eléctricos em instalações eléctricas trifásicas.

4.1.3. Análise da factura energética

Nas auditorias energéticas, a gestão das facturas de energia eléctrica surge como um importante elemento de análise, pois permite identificar potenciais de poupança e estimar a diminuição dos custos, levando a um aumento da competitividade da empresa. As poupanças resultantes da gestão simples das facturas podem ser alocadas a outras medidas de melhoria, o que contribui para o aumento da eficiência das instalações. Estas consistem nos registos descritivos dos consumos de energia da empresa e permitem determinar o consumo de energia eléctrica num determinado período de tempo, o seu custo e o tarifário energético

associado. Através destas é igualmente possível verificar se a opção tarifária da empresa é a mais adequada, analisar potenciais vantagens em desviar consumos por diferentes períodos horários e verificar se existe facturação de energia reactiva [12].

Como visto anteriormente, a empresa encontra-se dividida em dois lotes. Cada um destes lotes tem um contrato de fornecimento de energia com a Iberdrola. O lote 3 é alimentado por um Posto de Transformação (PT) de 400kVA/30kV e o lote 27 por um PT de 250kVA/30kV. A Tabela 4 ilustra a situação contractual actual da empresa.

Tabela 4 - Situação contractual da empresa relativamente ao fornecimento de energia.

	Lote 3	Lote 27
Nível de tensão	MT (Média tensão)	
Ciclo	Semanal	
Tarifa contratada	Tetra horária	
Potência instalada	400 kVA	250 kVA
Potência contratada	186 kW	116,25 kW

A energia activa consumida em MT é facturada em quatro períodos horários: horas de ponta, horas cheias, horas de vazio normal e horas de super vazio, cujos períodos de contabilização variam conforme o ciclo horário escolhido e cujos custos unitários de facturação dependem do fornecedor de electricidade. A Tabela 5 apresenta os valores para cada período horário.

Tabela 5 - Preços da energia para os vários períodos horários.

Nível de tensão	Ciclo horário	Ponta (€/kWh)	Cheias (€/kWh)	Vazio (€/kWh)	S. Vazio (€/kWh)
MT	Semanal	0,108917	0,098502	0,072405	0,06581
	Semanal opcional	0,108529	0,098682	0,073059	0,06534

Existe ainda a distinção entre consumos em dois períodos anuais: um período referente à hora legal de inverno, ou seja, mais e húmido e frio e outro período referente à hora legal de verão, mais seco e quente. Na Tabela 6 apresenta-se, para o ciclo semanal, o número de horas correspondentes aos consumos nos diferentes períodos horários, tanto no horário legal de inverno quanto no verão.

Tabela 6 – Quantidade de horas dos diferentes períodos tarifários para o ciclo semanal.

Ciclo Semanal		Horário Inverno	Horário Verão
Dias Úteis	Ponta	5h	3h
	Cheias	12h	14h
	Vazio	3h	3h
	S. Vazio	4h	4h
Sábados	Cheias	7h	7h
	Vazio	13h	13h
	S. Vazio	4h	4h
Domingos	Vazio	20h	20h
	S. Vazio	4h	4h

4.1.4. Histórico de consumos

Sendo uma empresa com um volume de produção irregular, fruto de exigências específicas de alguns projectos (aumento/diminuição da cadência de produção), a tarefa de traçar um perfil de consumo torna-se muito complexa, uma vez que não há a possibilidade de identificar um intervalo de tempo associado a uma repetição de um padrão de consumos.

Outro facto que dificulta o processo resulta da quebra de produção que se verifica a partir de meados do ano de 2014. Assim, de forma a tornar o estudo mais completo, foram recolhidos os dados desde 2012 (um ano de produção considerada normal) a 2015. As Figuras 10 e 11 apresentam a energia activa (em kWh) facturada de acordo com a desagregação indicada nas facturas recolhidas, para o lote 3 e 27 respectivamente.

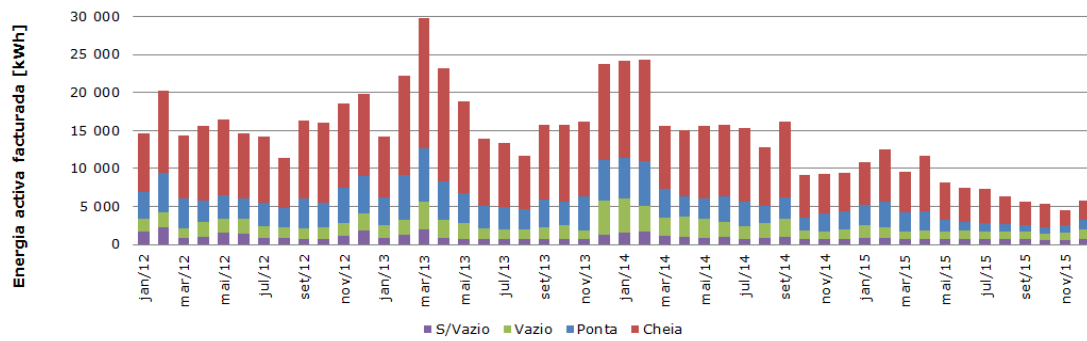


Figura 10-Energia activa facturada em kWh entre 2012 e 2015 no lote 3. Fonte: Autor

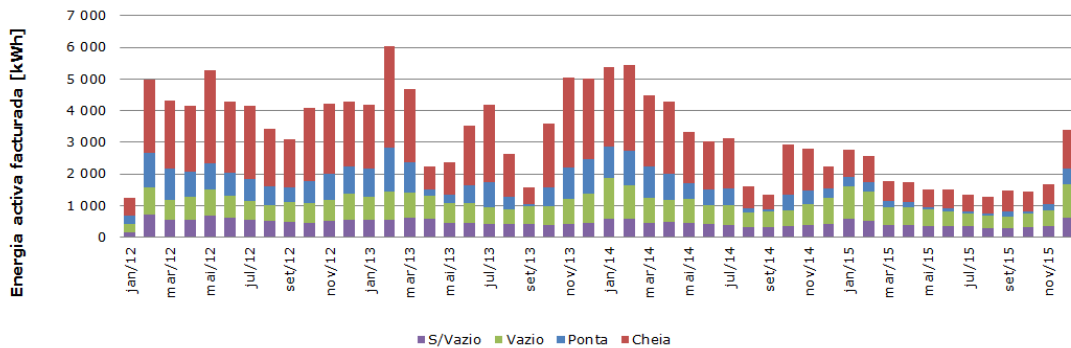


Figura 11 - Energia activa facturada em kWh entre 2012 e 2015 no lote 27. Fonte: Autor

De forma a melhor enquadrar os valores em questão, foi calculado o valor médio mensal dos consumos mensais de energia activa facturados, desagregados pelos vários períodos horários. As Figuras 12 e 13 ilustram os valores mensais por período horário do lote 3 e 27 respectivamente.

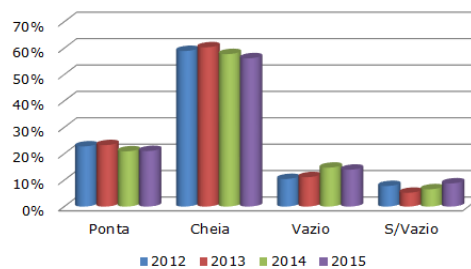


Figura 12 - Valores médios anuais da energia activa distribuídos pelos períodos horários no lote 3. Fonte: Autor

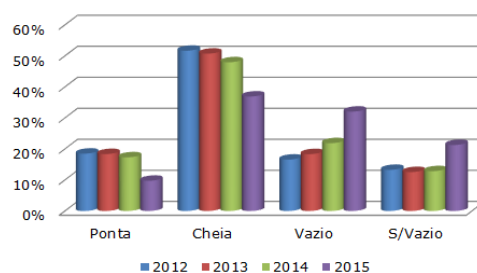


Figura 13 - Valores médios anuais da energia activa distribuídos pelos períodos horários no lote 27. Fonte: Auto

Como se depreende a partir das Figuras 12 e 13, existe um maior consumo nas horas de cheias e pontas, o que coincide com grande parte do período de laboração da empresa e onde se registam maiores consumos. De notar que apesar da maior percentagem, existe a tendência de diminuição de consumo nas pontas e cheias, bem mais acentuada no lote 27, devido às quebras de produção.

A Figuras 16 e 17 mostram o comparativo entre as peças fabricadas, exibido em unidades de soldadura, e a energia activa facturada nos anos de 2012 a 2015 nos lote 3 e 27 respectivamente. A representação em unidades de soldadura (ou *weld units* – WU) em vez de quantidade de peças permite uma comparação mais precisa, pois cada peça fabricada é única e tem um valor definido através destas unidades. Por exemplo, se uma peça A tem duas WU e outra B tem uma WU, na pratica significa que a peça A exige mais trabalho, logo maior dispêndio de energia.

Da análise das Figuras 14 e 15 verifica-se, como expectável, que a facturação energética acompanha quer o aumento quer a quebra de produção.

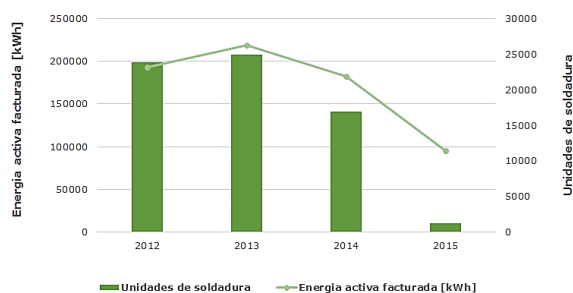


Figura 14 - Comparativo entre a energia activa facturada em kWh e a produção no lote 3. Fonte: Autor

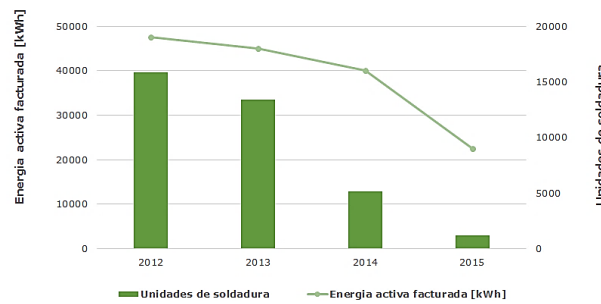


Figura 15 - Comparativo entre a energia activa facturada em kWh e a produção no lote 27. Fonte: Autor

4.1.5. Energia reactiva

A energia reactiva é uma forma de energia eléctrica que não produz trabalho, sendo necessária por determinado tipo de equipamentos eléctricos para poderem trabalhar. É o caso dos equipamentos cujo princípio de funcionamento necessita da existência de campos magnéticos (como por exemplo os motores eléctricos, transformadores e máquinas de soldadura, balastros das lâmpadas fluorescentes, fornos de indução, etc...). Esta energia não útil e desnecessária provoca perdas nos transformadores e nas redes de transporte e de distribuição pelo que o seu consumo apresenta um custo que tem de ser suportado pelo consumidor [12,13].

De acordo com o Plano Nacional para as Alterações Climáticas (PNAC), no que respeita à redução das perdas nas redes de transporte e distribuição de energia eléctrica com vista a uma utilização mais eficaz das respectivas redes, o Despacho nº 7253/2010 aprovou o regime jurídico aplicável à facturação de energia reactiva indutiva e capacitiva. Este Despacho tem por objectivo motivar comportamentos adequados dos clientes, no que respeita à compensação de energia reactiva [14].

Definiu-se assim que a facturação de energia reactiva indutiva é efectuada de acordo com os escalões e factores multiplicativos apresentados na Tabela 25 [14].

Tabela 7 - Escalões de facturação da energia reactiva indutiva.

Escalões	Descrição	Factor multiplicativo
1	Correspondente a $\text{tg } \phi$ igual ou superior a 30% e inferior a 40% ($\cos \phi$ igual ou inferior a 0,95 e superior a 0,93)	0,33
2	Correspondente a $\text{tg } \phi$ superior ou igual a 40% e inferior a 50% ($\cos \phi$ igual ou inferior a 0,93 e superior a 0,89)	1,00
3	Correspondente a $\text{tg } \phi$ superior ou igual a 50% ($\cos \phi$ igual ou inferior a 0,89)	3,00

Após uma análise à factura energética verificou-se a existência de facturação de energia reactiva. As Figuras 16 e 17 apresentam os valores facturados de energia reactiva nas horas fora do vazio (ERHFV) nos seus vários escalões e nas horas de vazio (ERHV) ao longo dos anos de 2012 a 2015.

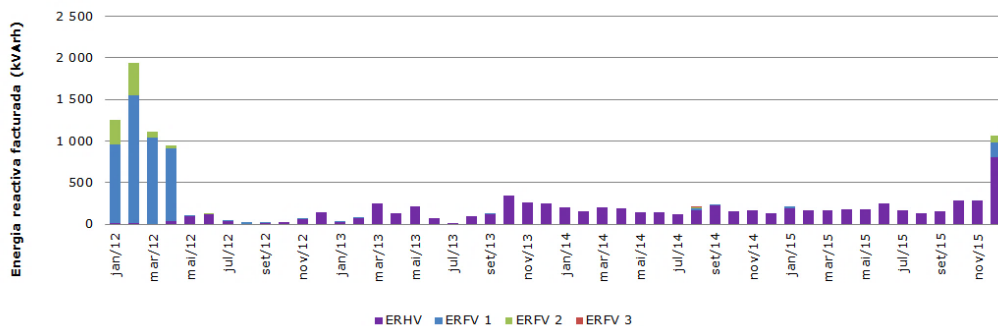


Figura 16 - Energia reactiva facturada em kVarh entre 2012 e 2015 no lote 3. Fonte: Autor

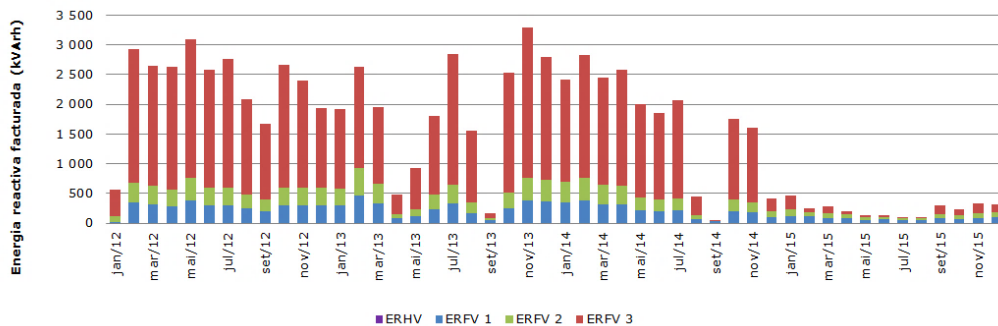


Figura 17 - Energia reactiva facturada em kVarh entre 2012 e 2015 no lote 27. Fonte: Autor

Como é possível constatar através da Figura 16, foi instalado, em Abril de 2012, um banco de condensadores com o objectivo de compensar o factor de potência das instalações do lote 3. Verifica-se após a instalação deste, que a facturação de ERHFV (energia reactiva indutiva) deixa de existir, passando a ser facturada uma quantidade residual de ERHV (energia reactiva capacitiva). No mês de Dezembro de 2015 existiu um aumento considerável de ERHV, bem como de ERHFV dos escalões 1 e 2. Embora não tenha sido possível averiguar os motivos, após análise da factura energética relativa ao mês de Janeiro de 2016, verifica-se um retorno aos valores ditos normais de facturação.

A compensação do factor de potência foi efectuada instalando uma bateria da ALPES TECHNOLOGIES com uma potência de 88 kVAr. O retorno de investimento estimou-se em 1,6 anos.

Na Figura 19, verifica-se que existe uma descompensação no factor de potência nas instalações do lote 27, no qual existe facturação de ERHFV do escalão 1, 2 e 3. Sendo este último o escalão com uma maior percentagem de facturação. Deste modo, a correcção do factor de potência é aconselhada.

4.2. Intervenção no local – Auditoria deambulatória

De acordo com a secção 1.3.2, a auditoria deambulatória consistiu numa visita às instalações de forma a recolher informações relativas aos diversos equipamentos de forma a proceder a uma análise das condições de utilização da energia. Foi assim realizada uma vistoria aos equipamentos considerados relevantes para avaliação. De seguida são apresentados os diversos equipamentos que foram identificados e vistoriados durante a auditoria.

4.2.1. Equipamentos de produção

Como visto anteriormente, o processo de produção da empresa é composto por três fases: corte, montagem e soldadura. Em cada um destes processos são utilizados equipamentos específicos para as funções a desempenhar. Existem ainda equipamentos que são utilizados para apoiar o processo produtivo.

Relativamente ao processo de corte existem dois tipos de técnicas presentes na empresa que são utilizadas dependendo do diâmetro, da espessura e do material a cortar. Estas são o corte através de serrote de fita horizontal e o corte através de plasma. Os equipamentos de corte por serrote de fita são apresentados na Tabela 8 e Figura 18.

Tabela 8 – Equipamentos de corte por serrote de fita.

Marca	Modelo	Motor principal [kW]	Bomba de arrefecimento [kW]	Bomba hidráulica [kW]	Potência nominal total [kW]
PowerED	BS 275	1,10	0,10	-	1,20
PowerED	WE-260 DS	1,10	0,07	-	1,17
Pirra	HF 250	0,74	0,09	-	0,83
Beka-Mak	BMSY 320	1,50	0,12	0,37	1,99



Figura 18 – Visão geral dos vários equipamentos de corte por serrote de fita. Fonte: Autor

No que respeita a corte por plasma, existem dois equipamentos fixos e um portátil. Os fixos são utilizados consoante as características do material a cortar e o portátil é utilizado quando existe a necessidade de efectuar algum trabalho fora da área destinada ao corte, normalmente na área de montagem. Estes equipamentos são apresentados na Tabela 9 e Figura 19.

Tabela 9 – Características dos equipamentos de corte por plasma.

Equipamento	SAF Nertajet 200	SAF Nertazip 540	Thermal Dynamics PAK 45
Tensão de alimentação	220/380/500 V	380 / 415 V	220/380/500 V
Frequência	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Fases	3~	3~	3~
Factor de marcha	180 A / 140 V (100%)	102 A / 135 V (100%)	400 A / 200 V (60%)



Figura 19 - Visão geral dos vários equipamentos de corte por plasma. Fonte: Autor

Após o processo de corte existe a necessidade de preparar os tubos para o processo de montagem. Esta preparação consiste em chanfrar as extremidades dos tubos e é normalmente efectuada manualmente pela equipa de montagem, porém dependendo das características do material, este trabalho poderá ser efectuado pelo operador de corte recorrendo à utilização de máquinas de chanfrar. Estes equipamentos podem ter accionamento eléctrico, pneumático ou hidráulico. A Tabela 10 e a Figura 20 apresentam os equipamentos em questão.

Tabela 10 – Características dos equipamentos para chanfrar tubos.

Marca	Modelo	Qtd	Tipo de accionamento	Potência nominal [kW]
Protem	US25	3	Eléctrico	1,05
Protem	US40	1	Hidráulico	-
Protem	US150	1	Hidráulico	-

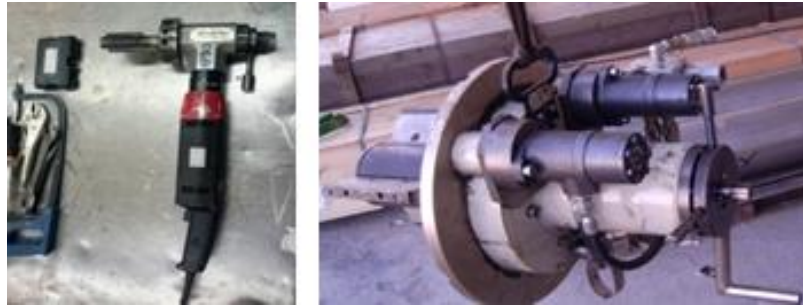


Figura 20 - Visão geral dos equipamentos de chanfrar tubos. Fonte: Autor

Nos equipamentos com accionamento hidráulico é utilizada uma bomba hidráulica. Esta bomba é também ela da Protem, modelo HY-HPP5.5, e possui um motor eléctrico de 5,5 kW (Figura 21).



Figura 21 – Visão geral da bomba hidráulica para equipamentos com accionamento eléctrico. Fonte: Autor

Durante o processo de montagem são realizados os acabamentos nas extremidades dos tubos, caso o operador de corte não o tenha já efectuado, e acessórios antes de proceder à sua ligação. Para efectuar os acabamentos são utilizados rectificadores pneumáticos alimentados a ar comprimido e eléctricos (rebarbadoras). A Tabela 11 e Figura 22 apresentam os rectificadores eléctricos disponíveis para utilização. De notar que, sendo equipamentos mais modernos, os DeWALT estão a ser progressivamente substituídos pelos Bosch.

Tabela 11 - Características dos rectificadores eléctricos.

Marca	Modelo	Potência nominal [kW]	Velocidade em vazio [rpm]	Qtd
AEG	WS 6-125	0,72	10000	5
Bosch	GWS 1000	1,00	11000	7
Bosch	GWS 10-125Z	1,00	11000	1
Bosch	GWS 11-125	1,10	11500	13
Bosch	GWS 20-180J	2,00	8500	1
Bosch	GWS 21-180H	2,10	8500	4
Bosch	GWS 22-230JH	2,20	6500	12
DeWALT	D28134	1,10	10000	8
DeWALT	D28133	1,20	10000	4
DeWALT	D28312C	1,20	10000	9
DeWALT	D28490	2,00	6500	6



Figura 22 – Visão geral dos rectificadores eléctricos. Fonte: Autor

Para fazer a ligação dos vários componentes da peça a fabricar são utilizados equipamentos LTG 400 do fabricante ESAB. Estes equipamentos são destinados à soldadura TIG (*Tungsten Inert Gas*) e SER (Soldadura por Eléctrodo Revestido), sendo nesta fase de fabrico utilizado o processo TIG. Estes equipamentos são apresentados posteriormente juntamente com os equipamentos relativos ao processo de soldadura.

Dependendo da peça a fabricar poderá existir a necessidade de fazer centragens (dobragens) na tubagem. Para isso existem três máquinas de centrar da Mingori que são utilizadas conforme o tipo de material, o seu diâmetro e a sua espessura. A Tabela 12 e Figura 23 apresentam os equipamentos disponíveis para a sua realização.

Tabela 12 - Características das máquinas de centrar.

Fabricante	Modelo	Potência nominal [kW]
Mingori	Multiplan Type 60	5,5
Mingori	GS Type 35	0,75
Mingori	Multiforming 65 SP	15



Figura 23 – Visão geral das máquinas de centrar Mingori. Fonte: Autor

É também frequente existir a necessidade de furar a tubagem de forma a aplicar determinados acessórios ou fazer ligações directas tubo a tubo (picagens). No caso de picagens é normalmente utilizado um maçarico oxicorte que produz um jacto de oxigénio de alta velocidade através da mistura do gás combustível com o oxigénio de aquecimento. No caso de aplicação de acessórios são utilizados os engenhos de furar com accionamento eléctrico ao dispor. Estes são utilizados, normalmente, por tipo de material, ou seja, o engenho da EFI é utilizado em aço carbono e o da PowerED em aço inox. A Tabela 13 e Figura 24 apresentam os equipamentos com accionamento eléctrico utilizados.

Tabela 13 – Características dos engenhos de furar.

Fabricante	Modelo	Motor principal 1 [kW]	Motor principal 2 [kW]	Bomba de arrefecimento [kW]	Potência nominal total [kW]
PowerED	Z3032x7P	0,75	-	0,04	0,79
E.F.I	Ajax	1,12	0,75	0,08	1,95

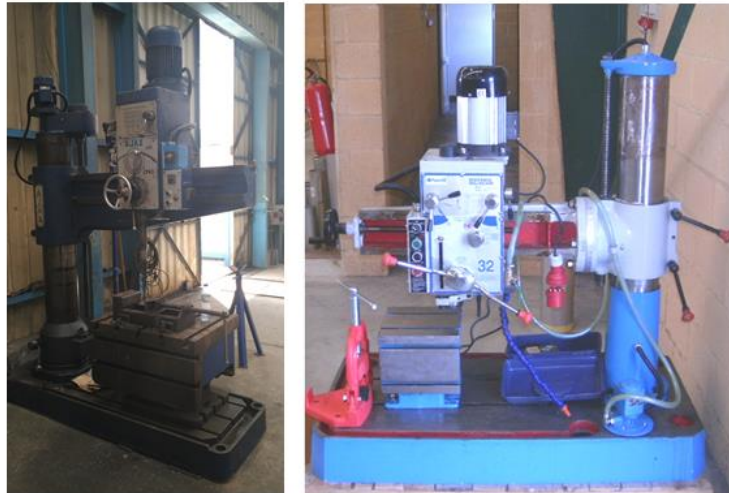


Figura 24 – Visão geral dos engenhos de furar. Fonte: Autor

Para o processo de soldadura são utilizados os equipamentos que melhor se adequem ao tipo de material a ligar, o seu diâmetro e espessura, bem como as exigências do projecto relativo à peça a fabricar. Os tipos de soldadura mais utilizados são a TIG (*Tungsten Inert Gas*), SER (Soldadura por Eléctrodo Revestido) e SAS (Soldadura por Arco Submerso). Existem, no entanto, equipamentos que permitem a realização de outros tipos de soldadura, como MIG (*Metal Inert Gas*) e MAG (*Metal Active Gas*). A Tabela 14 apresenta um resumo dos equipamentos utilizados no processo de soldadura.

Tabela 14 – Equipamentos utilizados no processo de soldadura.

Fabricante	Modelo	Processo de soldadura	Quantidade
ESAB	LTG 400	SER/TIG	13
Hobart	MC500	MIG/MAG	2
Hobart	RC650 RVS	MIG	1
Kemppi	MasterTIG 4000 MLS	SER/TIG	1
Miller	Subarc DC800	SAS	1
SAF-PRO	Admiral 350 W DC	SER/TIG	9

Para soldadura TIG ou SER são utilizados os equipamentos apresentados na Tabela 15 e Figura 25, sendo normalmente os ESAB LTG 400 utilizados na fase de montagem e os SAF-PRO Admiral 350W DC na fase de soldadura. A Kemppi MasterTIG encontra-se sem utilização.

Na fase de montagem é apenas utilizado o processo TIG de forma a fazer uma primeira conexão da tubagem com os acessórios (soldadura pingada) sendo então esta completada na fase de soldadura.

Tabela 15 – Características dos equipamentos utilizados no processo de soldadura TIG/SER.

Fabricante	ESAB	Kemppi	SAF-PRO
Modelo	LTG 400	MasterTIG 4000 MLS	Admiral 350W DC
Tensão de alimentação	380 / 415 V	400 V -15%, +20%	400 V \pm 10%
Fases	3~	3~	3~
Frequência	50 Hz	50 Hz – 60 Hz	50 Hz – 60 Hz
Eficiência (SER / TIG)	88 / 82 %	86 / 86 %	- / -
Potência	-	13,8 kVA	15 kVA
Tensão em vazio	68 V	80 V	98,8 V
Gama de corrente	4 – 400 A	5 – 400 A	4 – 350 A
Factor de marcha	250 A / 30 V (100%) 315 A / 33 V (60%) 400 A / 36 V (35%)	270 A / 20,8 (100%) 320 A / 22,8 V (60%) 400 A / 26 V (30%)	220 A / 18,8 V (100%) 260 A / 20,4 V (60%) 350 A / 24 V (25%)



Figura 25 – Visão geral dos equipamentos utilizados no processo de soldadura TIG/SER. Fonte: Autor

Em relação aos tipos de soldadura SAS e MIG/MAG os equipamentos disponíveis são apresentados na Tabela 16 e Figura 26. De notar que a utilização destes equipamentos é sempre antecedida pela utilização dos equipamentos apresentados na Tabela 15 e Figura 25 pois existe sempre a necessidade de efectuar o primeiro ou os primeiros passos da soldadura de forma manual através dos processos TIG ou SER.

Tabela 16 - Características dos equipamentos utilizados no processo de soldadura SAS/MIG/MAG.

Fabricante	Hobart	Hobart	Miller
Modelo	MC 500	Mega-MIG 650 RVS	Subarc DC 800
Tensão de alimentação	380 / 415 V	220 / 380 / 415 V	380 / 400 / 440 V
Fases	3~	3~	3~
Frequência	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Eficiência	82 %	87 %	-
Potência (carga / vazio)	- / -	33 / 1,5 kW	34,8 / 0,76 kW
Tensão em vazio	68 V	65 V	72 V
Gama de corrente	4 – 400 A	100 – 800 A	50 – 815 A
Factor de marcha	500 A / 40V (100%)	650 A / 44 V (100%)	650 A / 44 V (100%)



Figura 26 - Visão geral dos equipamentos utilizados no processo de soldadura SAS/MIG/MAG. Fonte: Autor

Existem ainda equipamentos que, embora não sejam de produção propriamente dita, servem de apoio a esta, possibilitando assim a execução das diversas tarefas de fabrico necessárias. Um exemplo destes equipamentos são as pontes rolantes que equipam as várias naves de fabrico. Estes equipamentos servem essencialmente para a manipulação de cargas em todas as fases de fabrico bem como no carregamento de camiões para expedição de peças. São equipados com vários motores para os vários tipos de movimento, possibilitando a maior parte destes um accionamento a duas velocidades. A Tabela 17 e Figura 27 apresentam os respectivos equipamentos.

Tabela 17 – Características das pontes/pórticos para movimentação de cargas.

Fabricante	Tegopi	Tegopi	Tegopi	GH	MBM
Capacidade de carga [t]	5	5	5	10	5
Potência nominal [kW]					
Motor de translação 1	0,13 / 0,5	0,13 / 0,5	0,13 / 0,5	0,37 / 1,5	0,66 / 0,8
Motor de translação 2	0,13 / 0,5	0,13 / 0,5	0,13 / 0,5	0,37 / 1,5	0,66 / 0,8
Motor de direcção	0,13 / 0,5	0,26	0,26	0,18 / 0,75	0,3
Motor de elevação	0,97 / 4	0,97 / 4	0,51 / 3,6	1,25 / 7,5	0,7 / 4,5
Potência nominal total [kW]	5,50	5,26	4,86	11,25	6,40
Quantidade	1	2	1	2	1



Figura 27 - Visão geral das pontes/pórticos para movimentação de cargas. Fonte: Autor

Também para manipulação de peças existem diversos equipamentos designados por viradores/posicionadores que se encontram associados às várias fases de fabrico, nomeadamente à fase de corte de plasma e de soldadura SAS/MIG/MAG. Embora alguns destes equipamentos sejam de accionamento pneumático, alimentados por ar comprimido, existem também alguns com accionamento eléctrico e hidráulico. Estes últimos recorrem à utilização de uma bomba hidráulica com uma potência nominal de 0,75 kW. A Tabela 18 e Figura 28 apresentam estes equipamentos.

Tabela 18 - Características dos viradores/posicionadores.

Marca	Modelo	Qtd	Tipo de accionamento	Potência nominal [kW]
Lambert-Jouty	ME-17 S2	1	Eléctrico	7
Muller Opladen	US40	1	Hidráulico	-
Sem informação	-	1	Hidráulico	-



Figura 28 - Viradores/posicionadores. Fonte: Autor

Durante o processo de fabrico existe por vezes a necessidade de assegurar a circulação de ar e a extracção de partículas. Embora esta necessidade não seja constante, pois depende dos materiais a manipular, ela existe e deve ser minimizada (embora não exista qualquer forma de monitorização). Assim, estão instalados nas naves de fabricos do lote 3, vários ventiladores que são accionados manualmente quando se verifica a necessidade. A Tabela 19 e Figura 29 apresentam estes equipamentos.

Tabela 19 - Características dos ventiladores instalados nas naves de fabrico do lote 3.

Marca	Modelo	Qtd	Velocidade [rpm]	Potência nominal [kW]	Potência total instalada [kW]
Novovent	AXITEJ BS 4-450M	10	1400	0,37	3,70



Figura 29 – Visão geral dos ventiladores instalados nas naves de fabrico do lote 3. Fonte: Autor

Cada peça fabricada é identificada por uma chapa metálica que contem os dígitos correspondentes à sua identificação. Estas chapas são gravadas com recurso a uma prensa hidráulica cujas características e visão geral são apresentadas na Tabela 20 e Figura 30.

Tabela 20 – Características da prensa hidráulica.

Marca	Modelo	Cos ϕ	Velocidade [rpm]	Rendimento [%]	Potência nominal [kW]
Leroy Somer	LS 80 L2	0,86	2810	76	1,1



Figura 30 – Visão geral da prensa hidráulica. Fonte: Autor

Para proceder ao processo de soldadura SER é necessário que os eléctrodos estejam isentos de humidade. Para isso, são utilizadas duas estufas da ESAB, a PK410 e a SK40. A primeira é destinada à secagem dos eléctrodos e a segunda à sua conservação. As temperaturas utilizadas em cada uma são definidas pelas especificações de cada projecto. Ambas estão equipadas com termostatos electrónicos. A Tabela 21 e a Figura 31 apresentam estes equipamentos.

Tabela 21 – Características das estufas utilizadas na secagem e manutenção dos eléctrodos.

Marca	Modelo	Gama de temperaturas [°C]	Potência nominal [kW]
ESAB	PK-410	50-450	3,5
ESAB	SK-40	50-180	0,7



Figura 31 – Visão geral das estufas utilizadas na secagem e manutenção dos eléctrodos. Fonte: Autor

4.2.2. Iluminação

Quantitativamente, a iluminação é predominantemente constituída por lâmpadas do tipo fluorescente tubulares T8, com balastro electromagnético e comandadas por interruptor, 81,5%. Verifica-se, no entanto, que essa percentagem apenas corresponde a 35% da potência instalada, sendo que a maior fatia pertence às lâmpadas de iodetos metálicos com 64%. As Tabelas 22 e 23 apresentam um resumo do levantamento efectuado.

Tabela 22 – Características das lâmpadas instaladas na empresa.

Tipo de lâmpada	Potência unitária [W]	Qtd	Potência instalada [kW]
Fluorescente tubular T8	18	128	2,30
Fluorescente tubular T8	36	53	1,91
Fluorescente tubular T8	58	197	11,43
Fluorescente compacta	18	9	0,16
Incandescente	60	2	0,12
Incandescente	80	3	0,24
Iodetos metálicos	400	72	28,80
TOTAL		464	44,96

Tabela 23 - Percentagem de lâmpadas (quantidade e potência instalada).

Tipo de lâmpada	Quantidade [%]	Potência instalada [%]
Fluorescente tubular T8	81,5%	34,8%
Fluorescente compacta	1,9%	0,4%
Incandescente	1,1%	0,8%
Iodetos metálicos	15,5%	64,1%

As luminárias instaladas são de diversos tipos, desde justapostas ao tecto, campânulas e até embutidas em tecto falso, sem qualquer tipo de reflector ou com lamelas reflectoras com boa eficiência, sem qualquer tipo de protecção ou protegidas por capas translúcidas. Em alguns locais, nomeadamente corredores, existem detectores de movimento e no caso dos projectores exteriores existe um relógio temporizador. No entanto, de um modo geral, não existem sistemas de controlo de iluminação.

A Figura 32 ilustra o tipo de luminárias existentes nas instalações.



Figura 32 - Exemplos das iluminarias existentes nas instalações. Fonte: Autor

4.2.3. Climatização

A climatização é assegurada por meio de diversas unidades de expansão directa do tipo *split*. Estes equipamentos são constituídos por uma unidade interior, uma unidade exterior e um controlador para o utilizador programar e regular as condições de conforto da divisão onde se encontra instalada o sistema (temperatura, potência térmica, modo de ventilação, caudal de ar em recirculação, etc.).

A larga maioria das unidades instaladas é do tipo mural e encontram-se instaladas no edifício de escritórios, à excepção das unidades da ferramentaria e do escritório junto às naves de fabrico do lote 3. No lote 27 não existe qualquer unidade instalada.

A Figura 33 ilustra os vários exemplos das unidades interiores e exteriores.



Figura 33 - Exemplos de unidades exteriores e interiores dos sistemas de climatização. Fonte: Autor

As características das unidades são apresentadas na Tabela 24.

Tabela 24 – Características gerais das unidades de climatização. Fonte: Autor

Marca	Modelo	Qtd	Arrefecimento [kW]	Aquecimento [kW]	EER	COP
Daikin	FTXN25KEV1B	9	2,50	2,80	3,13	3,41
Daikin	FCVY223D7V1	1	2,40	3,20	2,33	2,74
LG	G09AH	4	2,78	2,87	3,21	3,41
Panasonic	CU-RE9GKE	1	2,60	3,30	3,46	4,02
Sanyo	SAP-FMR98EH	2	2,45	2,75	2,38	3,15
Sanyo	SAP-KR73EH	2	2,45	2,75	3,01	3,42
Sanyo	SAP-KR98H	1	2,78	3,20	3,02	3,48
Sanyo	SAP-KR123EH	2	3,55	4,20	3,01	3,61

4.2.4. Água Quente Sanitária

A água quente sanitária é utilizada essencialmente em banhos embora se verifique também utilizações esporádicas no refeitório e nas casas de banho dos escritórios no lote 3 durante a época de menor calor. A quantidade de banhos é relativa sendo dependente da quantidade de operários a laborar. A água sanitária é aquecida através do recurso a termoacumuladores eléctricos. No lote 3 encontra-se instalado um termoacumulador da Vulcano com uma capacidade de 295 L, assistido por uma resistência eléctrica de 2000 W. No lote 27 está instalado um termoacumulador da FogãoSol com uma capacidade de 200 L e com uma resistência interior de 4500 W. Sobre este ultimo não foi possível encontrar documentação técnica pelo que se desconhecem os valores associados às perdas de energia.

As características conhecidas das unidades são apresentadas na Tabela 25

Tabela 25 - Características gerais dos termoacumuladores eléctricos.

Marca	Modelo	Volume de armazenamento [L]	Perdas permanentes de energia [W]	Classe energética
Vulcano	S300 ZB	295	113	D
FogãoSol	-	200	-	-

horário de trabalho (entre as 8h-12h e 13h-17h). Estes compressores são do tipo parafuso rotativo e normalmente operam alternadamente a uma pressão entre 7,5 e 8 bar. No entanto, durante a auditoria apenas um se encontrava operacional. No lote 27 está instalada uma unidade da Hydrovane, que funciona também durante o horário de trabalho (entre as 8h-12h e 13h-17h) a uma pressão entre 7 e 8 bar. Este compressor é do tipo rotativo de palhetas. A Tabela 25 apresenta as características gerais dos compressores.

Tabela 26 - Características gerais dos compressores instalados.

Marca	Modelo	Pressão Máxima [bar]	Capacidade [m ³ /min]	Potência Nominal [kW]
Tamrock	F45/8	8	7,4	45
Hydrovane	67 PUAS	8	1,6	11

As Figuras 36 e 37 ilustram os compressores instalados.

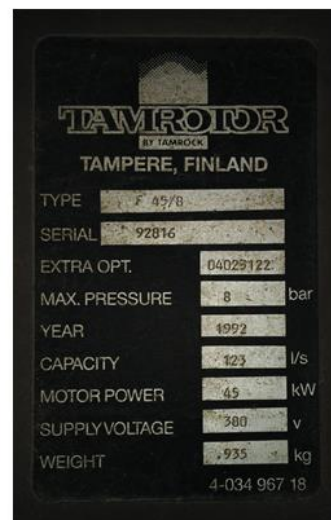


Figura 36 - Compressores Tamrock instalado no lote 3. Fonte: Autor



Figura 37 - Compressor Hydrovanne instalado no lote 27. Fonte: Autor

4.3. Intervenção no local – Auditoria detalhada

Como visto anteriormente na secção 1.3.2, a auditoria detalhada consistiu numa análise desagregada dos consumos dos diversos sectores e de alguns equipamentos para os quais se considerou existir valor na sua monitorização, permitindo a caracterização dos seus consumos. Desta forma, nesta fase procedeu-se à instalação dos equipamentos de medida nos sectores de fabrico, nomeadamente, corte, montagem e soldadura, bem como nos compressores e iluminação da nave de fabrico. Foram ainda monitorizados os consumos gerais dos lotes 3 e 27 resultando nos diagramas de carga (DC) apresentados na secção. 4.4

4.4. Tratamento da informação

4.4.1. Diagrama de carga geral das instalações

Por forma a determinar as necessidades energéticas da empresa, procedeu-se a uma monitorização do consumo de energia, bem como de diversos usos finais das instalações do lote 3. No lote 27, devido à sua inactividade, foi apenas monitorizado o consumo de energia.

Na Figura 38 está representado o DC do lote 3, correspondente a uma semana de monitorização (de 13/06/2016 a 19/06/2016) à potência activa total das instalações. Neste período foi registado um consumo eléctrico acumulado de cerca de 1700 kWh, e a uma

potência ativa média de 10,2 kW, em que o pico máximo atinge os 34 kW (medido num intervalo horário de 60 minutos).

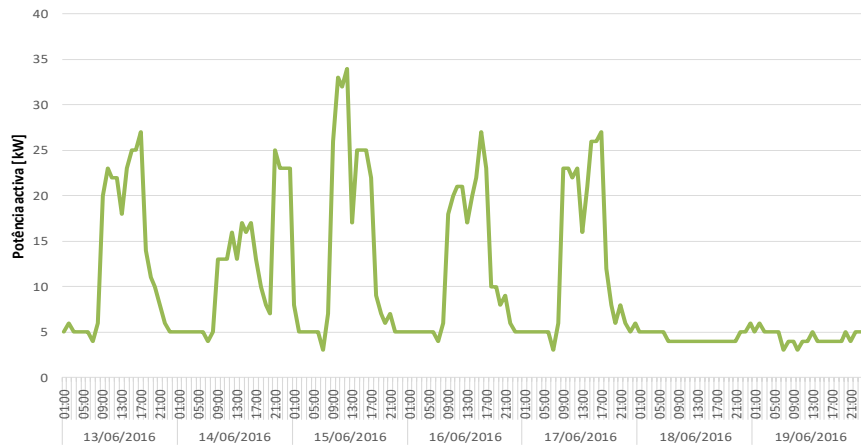


Figura 38- Diagrama de Carga das instalações do lote 3. Fonte: Autor

Na Figura 39 está representado o DC do lote 27, correspondente a uma semana de monitorização (de 06/06/2016 a 12/06/2016) à potência activa total das instalações. Neste período foi registado um consumo eléctrico acumulado de cerca de 334 kWh, e a uma potência activa média de 2 kW, em que o pico máximo atinge os 5 kW (medido num intervalo horário de 60 minutos).

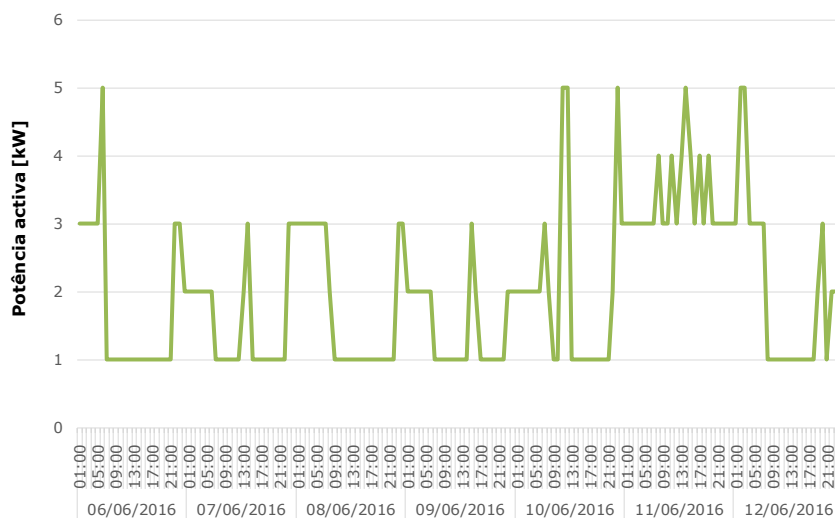


Figura 39 - Diagrama de Carga das instalações do lote 27. Fonte: Autor

4.4.2. Desagregação de consumos por sector

Identificado o consumo geral do lote 3, a análise da desagregação por uso final é fundamental para melhor entender o peso final de cada sector. Desta forma, considerou-se Junho de 2016 como mês de referência para a desagregação dos consumos, verificando-se neste um consumo de energia activa de 8660 kWh.

No caso dos escritórios, vestiários e refeitório foi realizado um levantamento energético no qual foram estimados os consumos com base nas potências instaladas e nos horários de funcionamento dos diversos equipamentos. Para determinar os consumos na oficina foram monitorizados os consumos nos vários quadros parciais, nos quais foi possível determinar os consumos na soldadura, compressor e iluminação. Para o corte, montagem e ferramentaria os consumos foram estimados através de um levantamento energético, à semelhança do efectuado no sector dos escritórios.

A Figura 40 e a Tabela 27 apresentam a desagregação de consumos por sector.

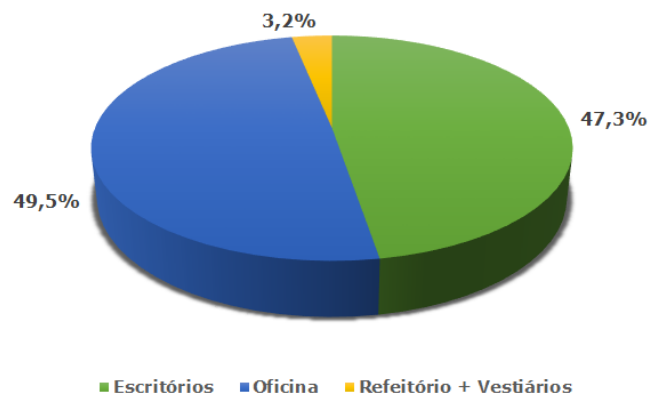


Figura 40 - Desagregação de consumos por sector. Fonte: Autor

Tabela 27 – Apresentação dos valores de energia consumida por sector.

Sector	Energia consumida [kWh]	Energia consumida [%]
Escritórios	4100	47,3%
Oficina	4283	49,5%
Refeitório + Vestiários	277	3,2%
Total	8660	100%

Como é possível observar através da Figura 40 e da Tabela 27, durante o período de monitorização referido, o consumo da oficina e escritórios é muito semelhante, cerca de 4283 kWh e 4100 kWh, respectivamente. Tal deve-se ao facto de o período de monitorização referido ter coincidido com uma fase de menor produção, enquanto os escritórios mantiveram um funcionamento normal. Com o aumento da produção a percentagem de consumo na oficina tende a aumentar, mantendo-se o consumo nos escritórios próximo dos valores registados. Por exemplo, no mês em que se verificou uma maior facturação de energia (Março de 2013), em que foram consumidos 29843 kWh, a percentagem de consumo nos escritórios deverá ter sido de cerca de 13%, enquanto que no mês com menor facturação (Novembro de 2015), em que foram consumidos 4545 kWh, se verificou cerca de 84%. O consumo energético no refeitório e vestiários, cerca de 277 kWh, é também directamente afectado pelo volume de produção da empresa, pois este valor é definido pela quantidade de operários que utilizam as instalações.

4.4.3. Desagregação de consumos por utilização

Relativamente à utilização final da energia, a Figura 41 e a Tabela 28 apresentam a desagregação de consumos por utilização para o sector dos escritórios. Esta, como referido na secção 4.4.2, foi obtida através de um levantamento energético no qual foram estimados os consumos com base nas potências instaladas e nos horários de funcionamento dos vários equipamentos.

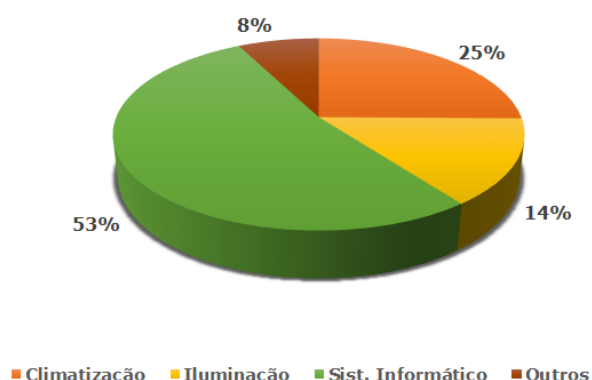


Figura 41 - Desagregação de consumos nos escritórios. Fonte: Autor

Tabela 28 - Apresentação dos valores de energia consumida por utilização final no sector dos escritórios.

Utilização	Energia consumida [kWh]	Energia consumida [%]
Climatização	1034	25%
Iluminação	594	14%
Sist. Informático	2162	53%
Outros	310	8%
TOTAL	4100	100%

Através da Tabela 28 observa-se que os valores estimados representam o valor total facturado para o sector dos escritórios, 4100 kWh.

Observa-se ainda que neste sector existe uma forte dependência do sistema informático, cerca de 53%, que é composto por todos os computadores, monitores, servidores, impressoras e outros dispositivos de acesso à internet, perfazendo um consumo mensal de aproximadamente 2200 kWh. Também a climatização tem um papel de relevo no consumo, apresentando cerca de 25% do consumo total, correspondente a 1000 kWh. A iluminação representa 14% do consumo com valores na casa dos 600 kWh. Existem ainda outros dispositivos como a central de incêndios e central telefónica, bem como máquina de café e dispensador de água, que correspondem a um consumo de 8%, aproximadamente 300kWh.

Relativamente ao sector da oficina, a desagregação dos consumos foi obtida, tal como referido na secção 4.4.2, através da monitorização dos consumos nos vários quadros parciais, nos quais foi possível determinar os consumos na soldadura, compressor e iluminação. Para o corte, montagem e ferramentaria estes consumos foram estimados através de um levantamento energético à semelhança do efectuado no sector dos escritórios.

A Figura 42 e a Tabela 29 apresentam a desagregação de consumos por utilização final na oficina.

.

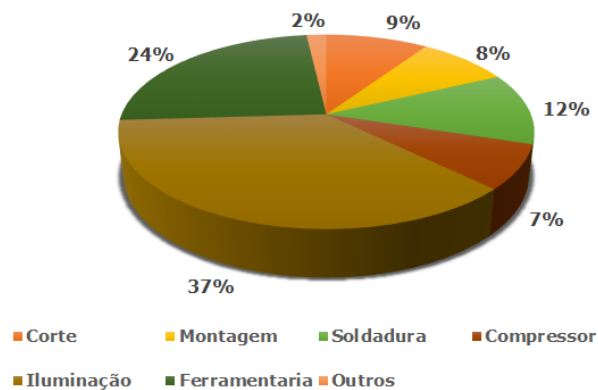


Figura 42- Desagregação de consumos na oficina. Fonte: Auto

Tabela 29 - Apresentação dos valores de energia consumida por utilização final no sector da oficina.

Utilização	Energia consumida [kWh]	Energia consumida [%]
Corte	405	9%
Montagem	363	8%
Soldadura	512	12%
Compressor	316	7%
Iluminação	1576	37%
Ferramentaria	1033	24%
Outros	78	2%
TOTAL	4283	100%

Através da Tabela 29 observa-se que os valores estimados representam o valor total facturado para o sector da oficina, 4283 kWh.

Dos consumos neste sector destaca-se o da iluminação com 37% do total, aproximadamente 1600 kWh. Este valor corresponde a uma parcela da iluminação interior, nomeadamente 20 lâmpadas de iodetos metálicos com 400 W de potência nominal e 4 projectores exteriores, cada um com uma lâmpada também de iodetos metálicos de 400W, programados para ligar às 18h00 e desligar às 06h00, diariamente. Também o consumo da ferramentaria se destaca, representando 24% do valor total.

Em relação às fases de fabrico verificou-se um maior consumo no processo de soldadura, na ordem dos 12%, correspondentes a pouco mais de 500 kWh. O processo de corte apresenta consumos na ordem dos 400 kWh, equivalente a 9% do consumo total. Durante a

monitorização deste processo não foi utilizada a tecnologia de corte por plasma, que aumentaria substancialmente o seu consumo. A fase de montagem corresponde a 8% do consumo, aproximadamente 360 kWh.

A produção de ar comprimido representa 7% do consumo, que corresponde a 316 kWh. De notar que o nível de produção afecta directamente o consumo do compressor, pois fases como o corte (por plasma) e montagem (rectificadores pneumáticos) dependem significativamente da produção de ar comprimido.

Os restantes 2% do consumo total, equivalente a cerca de 78 kWh correspondem a diversas utilizações, nomeadamente no apoio à produção (movimentação de cargas, por exemplo) e limpeza do espaço.

Por fim, a Figura 43 e a Tabela 30 apresentam a desagregação de consumos por utilização final no refeitório e vestiários. Esta, como referido na secção 4.4.2, foi obtida através de um levantamento energético no qual foram estimados os consumos com base nas potências instaladas e nos horários de funcionamento dos vários equipamentos.

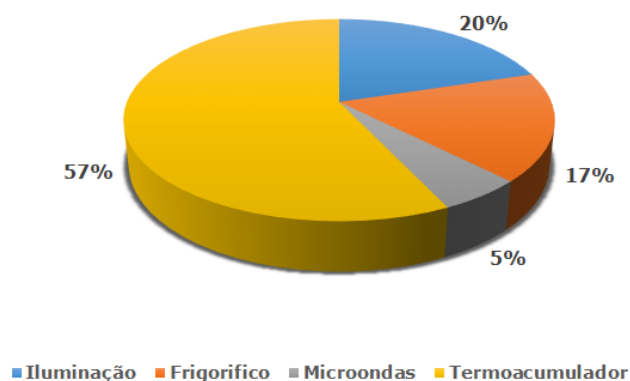


Figura 43 - Desagregação de consumos no refeitório e vestiários. Fonte: Autor

Tabela 30 - Apresentação dos valores de energia consumida por utilização final no sector da refeitório e vestiários.

Utilização	Energia consumida [kWh]	Energia consumida [%]
Iluminação	56	20%
Frigorífico	48	17%
Micro-ondas	15	5%
Termoacumulador	158	57%
TOTAL	277	100%

Verifica-se que o maior consumo pertence ao termoacumulador que tem a função de aquecer a água sanitária, com 57% do consumo total. Este valor é claramente afectado pela quantidade de operários que utilizam as instalações, sendo expectável um consumo mais elevado em fases de maior cadência de produção em que se verifica uma taxa de ocupação também mais elevada.

5. AUDITORIA À QUALIDADE DO AR INTERIOR E CONFORTO TÉRMICO

A presente análise à QAI refere-se ao GT no edifício de escritórios. Trata-se de uma sala sem qualquer janela ou mecanismo de ventilação forçada, com cerca de 24 m² e com uma ocupação de cinco pessoas no momento da monitorização. A Figura 44 apresenta o espaço em questão.



Figura 44 – Visão geral do GT. Fonte: Autor

A avaliação da QAI incidiu sobre os parâmetros constantes na legislação em vigor, DL118/2013, portaria 353A/2013, nomeadamente dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis totais (COVT) e partículas em suspensão. Procedeu-se também ao registo dos valores da temperatura ambiente e humidade relativa no âmbito do CT.

5.1. Aparelhos utilizados na Auditoria

Foram utilizados um contador de partículas portátil marca Lighthouse modelo 3016-IAQ, um contador/detector de COVT, CO₂, CO e O₃ marca Graywolf modelo Direct Sense IAQ e um instrumento designado por *datalogger* marca Testo modelo 400 ao qual podem ser acopladas sondas de medição (neste caso CO₂, humidade, temperatura e velocidade relativa do ar). A Figura 45 apresenta os aparelhos em questão.

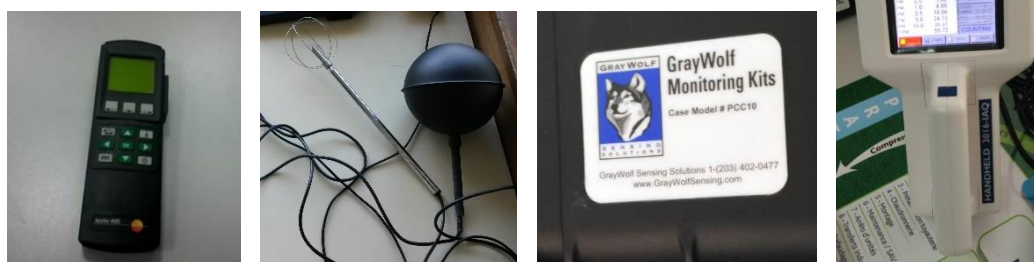


Figura 45 - Aparelhos utilizados na auditoria QAI. Fonte: Autor

A utilização destes equipamentos permite obter informações detalhadas sobre o ar interior, sendo registados e identificadas quais partículas existentes, a concentração de COVT, bem como a concentração de CO₂ ou de monóxido de carbono, e ainda a temperatura, velocidade do ar e humidade relativa.

5.2. Qualidade do ar interior - CO₂

Na Figura 46 apresenta-se a concentração de CO₂ registada nos dias 7 e 8 de Junho de 2016 no GT.

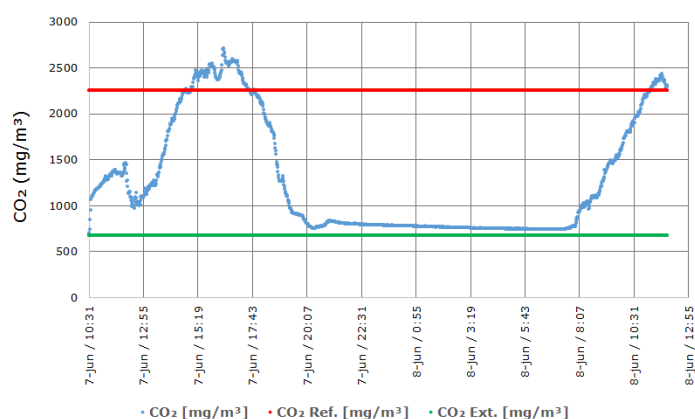


Figura 46 - Concentração de CO₂ registados no GT. Fonte: Autor

Através da Figura 46 é possível verificar que existe um período de tempo, cerca de 3h (entre as 14h47 e as 17h38), onde os valores de CO₂ excedem o limite legal máximo, atingindo um valor máximo de 1532 ppm pelas 16h28. Pode-se observar que o limite é ultrapassado significativamente, com uma duração bastante prolongada, o que revela uma insuficiente ventilação do espaço nesse período. Desta forma, e tendo em consideração que se trata de uma divisão sem janelas ou qualquer meio de ventilação, as portas devem estar sempre abertas para assim promoverem a circulação de ar.

Recomenda-se que durante o período referido anteriormente, haja abertura da porta ou janelas das salas adjacentes, promovendo assim, a renovação de ar e consequentemente a diminuição da concentração de CO₂.

5.3. Qualidade do ar interior - CO

A legislação estabelece que a concentração máxima de CO não deverá ultrapassar os 10 mg/m³. O registo no GT mostrou que a concentração é praticamente nula. A Figura 47 apresenta os valores da concentração de CO registada nos dias 7 e 8 de Junho de 2016 no GT.

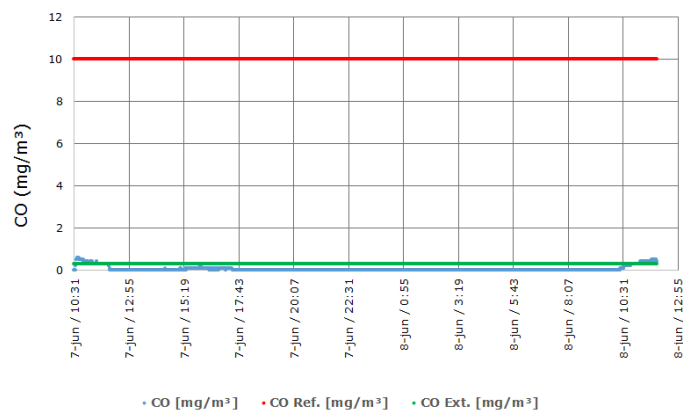


Figura 47 - Concentração de CO registados no GT. Fonte: Autor

5.4. Qualidade do ar interior - COVT

Como se pode verificar na Figura 48 os valores registados de COVT ultrapassam de forma muito significativa a margem de tolerância recomendada.

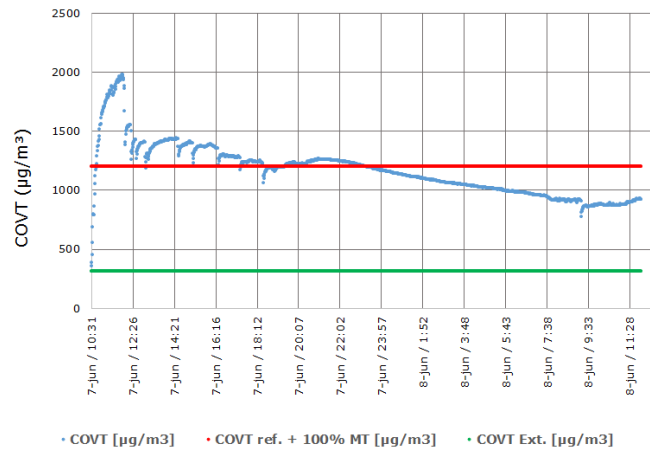


Figura 48 - Concentração de COV's registados no GT. Fonte: Autor

O registo mostra que a concentração ultrapassa o limite referido no primeiro dia de medições. No segundo dia, por sua vez, os registos mantiveram-se dentro dos limites legais. Esta disparidade poderá estar relacionada com uma contaminação interna ou mesmo externa, pois os valores mínimos registados já se encontram dentro do valor de tolerância, acima do valor limite definido por lei.

5.5. Qualidade do ar interior - Partículas em suspensão

Registaram-se em termos médios $26,64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para as partículas PM10 e $8,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para as partículas 2,5, num período de 24h e um caudal de captação de $1,36 \text{ m}^3$. Ambos os valores se encontram dentro dos limites aceitáveis.

5.6. Conforto Térmico - Temperatura ambiente e humidade relativa

A Figura 49 apresenta a evolução da temperatura nos dias 7 e 8 de Junho de 2016. Verifica-se assim que o GT se encontra com temperaturas acima dos limites recomendados pela norma ISO 7730 [15]. Durante a monitorização, os equipamentos de climatização não se encontravam em funcionamento.

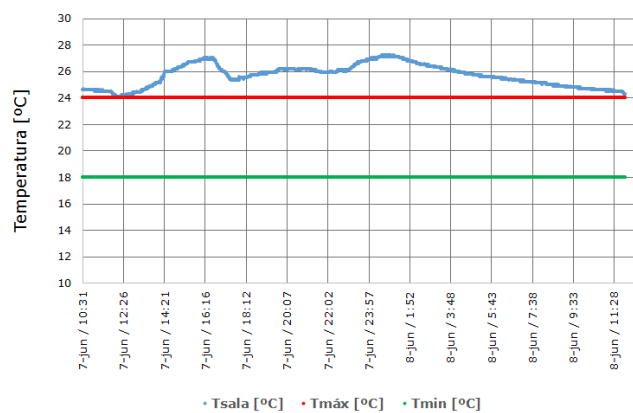


Figura 49 - Evolução da temperatura no interior do GT. Fonte: Autor

A Figura 50 apresenta a evolução da humidade relativa no GT.

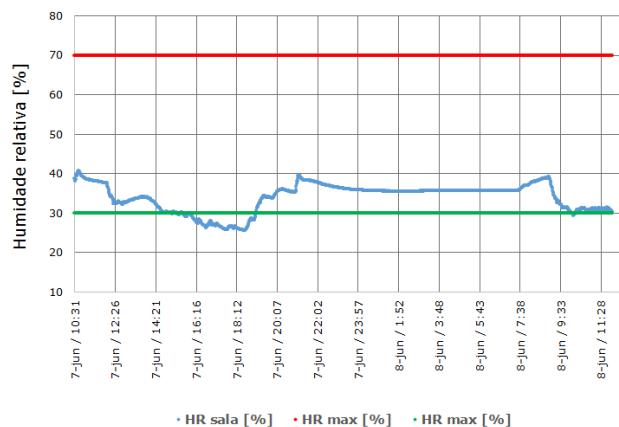


Figura 50 - Evolução da humidade relativa no interior do GT. Fonte: Autor

Com valores ideais entre os 30% e 70%, verifica-se que os entre as 15h40 e as 19h10 apresenta valores bastante baixo do valor mínimo recomendado, com um mínimo de 25,6%

.

6. ESTUDO DE PROPOSTAS E POTENCIAIS MELHORIAS

6.1. Alteração da tarifa

A empresa celebrou em Janeiro de 2011 um contracto de fornecimento de energia eléctrica com a Iberdrola, substituindo a EDP Serviço Universal. Este contracto com o novo fornecedor é renovado anualmente e as condições são as descritas na secção 4.1.3. De modo a determinar se o ciclo horário vai de encontro às necessidades da empresa, procedeu-se ao levantamento dos consumos energéticos nos vários períodos horários.

Segundo a ERSE [\[16,17\]](#), os clientes de MT ou superior em Portugal Continental estão impossibilitados de optar pelo ciclo diário, podendo optar pelo ciclo semanal ou semanal opcional. Assim, tendo em consideração que o ciclo contratado é o semanal, será feita a análise comparativa entre este e o semanal opcional de modo a determinar qual o mais viável economicamente. Assim, por forma a comparar os custos anuais de cada ciclo horário foi feita uma comparação das percentagens de cada um dos períodos horários dos consumos dos anos anteriores. A Tabela 31 apresenta esta comparação para a facturação energética no lote 3 entre os anos 2012 e 2015.

Tabela 31 - Comparação das percentagens de cada um dos períodos horários relativo ao lote 3.

Ano	Ciclo	Ponta	Cheias	Vazio	S. Vazio	Custo total	delta
2012	Semanal	22,8%	59,0%	10,5%	7,8%	18 423 €	22,2 €
	Semanal opcional	17,6%	65,3%	9,6%	7,4%	18 401 €	-22,2 €
2013	Semanal	23,3%	60,3%	11,1%	5,2%	21 084 €	36,2 €
	Semanal opcional	18,9%	65,5%	10,8%	4,9%	21 048 €	-36,2 €
2014	Semanal	20,9%	57,8%	14,7%	6,6%	17 302 €	-95,7 €
	Semanal opcional	18,5%	62,7%	12,8%	6,0%	17 398 €	95,7 €
2015	Semanal	21,1%	56,2%	14,0%	8,8%	8 967 €	-32,1 €
	Semanal opcional	18,7%	60,4%	12,7%	8,3%	8 999 €	32,1 €

Como é possível verificar, existe uma maior percentagem de horas cheias no ciclo semanal opcional comparativamente ao ciclo semanal, sendo que neste último se verifica uma maior percentagem dos restantes períodos horários. Nos anos de 2012 e 2013 verifica-se que o ciclo semanal opcional é a escolha mais económica, em 2014 e 2015, com a diminuição da percentagem de consumo nos horários das pontas e cheias, existe maior viabilidade para o ciclo semanal. No entanto as diferenças de valores rondam os 0,15% em 2012 e 2013 e 0,5% em 2014 e 2015 relativamente ao custo total de energia activa facturada.

A Tabela 32 apresenta a comparação para a facturação energética no lote 27 entre os anos 2012 e 2015. Tal como verificado no lote 3, existe uma maior percentagem de horas cheias no ciclo semanal opcional comparativamente ao ciclo semanal, sendo que neste último se verifica uma maior percentagem dos restantes períodos horários.

Nos anos 2012, 2013 e 2014 os valores são bastantes semelhantes, embora seja notório, a partir de 2014, uma clara redução da percentagem de horas cheias e consequente aumento das restantes. Este facto leva a uma maior diferença de custo total entre ambos os ciclos. No entanto, tal como no caso do lote 3, as diferenças de valores são pouco significativas, rondam os 0,05%, com excepção no ano 2015 onde se verifica uma diferença de cerca de 1,5% relativamente ao custo total de energia activa facturada.

Tabela 32 - Comparação das percentagens de cada um dos períodos horários relativos ao lote 27.

Ano	Ciclo	Ponta	Cheias	Vazio	S. Vazio	Custo total	delta
2012	Semanal	18,7%	51,3%	16,6%	13,3%	4 671 €	- 1,3 €
	Semanal opcional	14,8%	56,5%	15,6%	13,1%	4 672 €	1,3 €
2013	Semanal	18,4%	50,7%	18,3%	12,6%	4 121 €	- 0,5 €
	Semanal opcional	14,3%	55,9%	17,5%	12,2%	4 122 €	0,5 €
2014	Semanal	17,3%	48,0%	21,9%	12,8%	3 615 €	- 2,3 €
	Semanal opcional	15,2%	50,8%	20,6%	13,4%	3 617 €	2,3 €
2015	Semanal	9,8%	36,9%	32,1%	21,3%	1 890 €	-27,5 €
	Semanal opcional	12,0%	37,9%	29,3%	20,8%	1 917 €	27,5 €

Desta forma, verifica-se o ciclo horário contractado (semanal) é o mais adaptado às presentes necessidades da empresa.

Relativamente à potência contratada, que define o valor instantâneo máximo de energia eléctrica que uma instalação de consumo pode receber, esta é actualizada pelo máximo valor de potência tomada ocorrida nos últimos 12 meses (incluindo o mês de facturação), sendo a potência tomada o maior valor de potência activa média verificada na instalação em períodos de 15 minutos, durante todo o período de medição [13]. Por outro lado, a potência contratada em instalações abastecidas em MT ou superior não pode ser inferior a metade da potência instalada após conversão de kVA para kW ($1 \text{ kVA} = 0,93 \text{ kW}$) [13,17].

Verificando as potências instaladas e contratadas em ambos os lotes é possível concluir que estão contactadas as potências mínimas:

Lote 3: $400 \text{ kVA} \times 0,93 = 372 \text{ kW} / 2 = 186 \text{ kW}$

Lote 27: $250 \text{ kVA} \times 0,93 = 232,5 \text{ kW} / 2 = 116,25 \text{ kW}$

6.2. Compensação do factor de potência

A compensação do factor de potência vai invariavelmente incidir no lote 27, pois embora sem funcionamento, trata-se de uma instalação em que a facturação de energia reactiva representa em média, nos anos de 2012 a 2014, cerca de 26% do custo total facturado. Em relação ao lote 3, como visto anteriormente, neste encontra-se instalado um banco de condensadores, no qual é apenas facturada energia reactiva capacitiva e residualmente alguma indutiva, representando uma média de 0,25% do custo total de facturação.

A Tabela 33 apresenta os valores dos custos relativos à energia facturada nos lotes 3 e 27 nos últimos quatro anos.

Tabela 33 - Custos relativos à facturação de energia activa e reactiva.

Lote	Energia	2012	2013	2014	2015
3	Activa	17582,31 €	19608,53 €	15951,43 €	8791,03 €
	Reactiva	60,61 €	32,36 €	38,05 €	62,32 €
	Total	17642,92 €	19640,89 €	15989,48 €	8853,35 €
27	Activa	4240,86 €	3910,45 €	3341,07 €	1883,43 €
	Reactiva	1543,91 €	1273,72 €	1212,50 €	125,47 €
	Total	5784,77 €	5184,17 €	4553,56 €	2008,90 €

No lote 27, antes de se proceder ao dimensionamento dos bancos de condensadores deve ser considerada a opção de alterar o sistema de iluminação na nave de fabrico. A forte dependência de um sistema de iluminação com baixa eficiência (com um factor de potência a rondar os 0,5) será uma das causas para os valores facturados de energia reactiva indutiva. Assim, a sua substituição por um sistema de iluminação mais eficiente vai contribuir para a redução do consumo deste tipo de energia.

Para o dimensionamento do banco de condensadores necessário foi considerado o ano de 2012 como referência, pois entre os quatro últimos anos foi aquele em que se verificou uma maior facturação de energia activa e reactiva. A Tabela 34 apresenta o factor de potência ($\cos \varphi_{med}$) no período de horas fora de vazio, calculado para cada mês de 2012.

Tabela 34 – Cálculo dos valores de $\cos \varphi$ durante o ano de 2012 nas instalações do lote 27.

Mês	Energia Activa Fora Vazio [kWh]	Energia Reactiva Facturada [kVAr]	Tg φ	Cos φ
Jan-12	851	563	0,96	0,72
Fev-12	3390	2928	1,16	0,65
Mar-12	3157	2645	1,14	0,66
Abr-12	2867	2623	1,21	0,64
Mai-12	3785	3087	1,12	0,67
Jun-12	2959	2584	1,17	0,65
Jul-12	3011	2764	1,22	0,63
Ago-12	2412	2081	1,16	0,65
Set-12	1967	1675	1,15	0,66
Out-12	3005	2657	1,18	0,65
Nov-12	3024	2399	1,09	0,67
Dez-12	2929	1933	0,96	0,72
MÉDIA			1,13	0,66

O cálculo do factor de potência é efectuado através dos valores de energia activa consumidos fora das horas de vazio (EAHFV) e de energia reactiva facturada. Como só existe facturação de ERHFV caso esta ultrapasse 30% da EAHFV consumida no mesmo período [\[13\]](#), para determinar o factor de potência é necessário calcular o valor de ERHFV. Este valor será a soma da energia reactiva facturada mais 30% do valor de EAHFV consumida no mesmo

período. A razão entre o valor de ERHFV e a EAHFV consumida no mesmo período determina então o factor de potência médio em causa.

Da análise da Tabela 34 é possível verificar o valor médio que será utilizado como referência para calcular a potência de compensação.

A Tabela 35 apresenta o valor obtido para a potência do banco de condensadores a instalar. Para este cálculo foi considerada a potência máxima tomada em períodos de 15 minutos no mês de máximo consumo de energia reactiva.

Tabela 35 - Apresentação da potência do banco de condensadores a instalar.

Potência tomada [kW]	Cosφ actual	Cosφ pretendido	Potência do banco de condensadores [kVar]
24	0,66	0,98	22,56

Para estas instalações será então necessária uma bateria com uma potência de 25 kVar. Existem no mercado várias opções em termos de funcionamento, podendo ser quer fixas quer automáticas. As fixas, quando entram em funcionamento fornecem a totalidade da potência, enquanto as automáticas são compostas por escalões de compensação que regulam automaticamente a energia reactiva fornecida. A bateria seria instalada à saída do transformador.

Encontram-se no mercado baterias de condensadores automáticas, como é o caso da Schneider Varset Easy, com três escalões de compensação (5+10+10) que tem um custo de 995€+IVA, na versão “chave na mão”. Tendo em consideração os custos relativos à facturação de energia reactiva no ano de referência de 2012, podemos estimar um *payback* de 0,64 anos.

6.3. Iluminação

Após a realização do levantamento do sistema de iluminação verificou-se que era predominante a utilização de lâmpadas fluorescentes T8 com balastros ferromagnéticos, bem como a de lâmpadas de iodetos metálicos nas naves de fabrico do lote 3. Desta forma foi

efectuado um estudo de forma a verificar a viabilidade económica da transição para um sistema de iluminação mais eficiente, neste caso, LED.

A Tabela 36 apresenta a iluminação actual e a proposta para a iluminação dos escritórios do lote 3.

Tabela 36 - Apresentação da iluminação presente nos escritórios do lote 3 e respectiva proposta.

Iluminação actual			
Tipo de lâmpada	Fluorescente tubular T8	Fluorescente tubular T8	Fluorescente tubular T8
Potência nominal [W]	18	36	58
Tipo de balastro	Ferromagnético	Ferromagnético	Ferromagnético
Nº de lâmpadas	64	38	26
Consumo unitário do sistema [W]	26,8	44,3	66,7
Consumo eléctrico [kW/ano]	2802	3767	2289
Custo anual [€/ano]	308 €	414 €	252 €
Iluminação proposta			
Tipo de lâmpada	LED tubular T8	LED tubular T8	LED tubular T8
Potência nominal [W]	10	20	25
Nº de lâmpadas	64	38	26
Consumo unitário do sistema [W]	10	20	25
Consumo eléctrico [kW/ano]	1045	1764	858
Custo anual [€/ano]	115 €	194 €	94 €
Economia	63%	53%	63%
Benefício energético [kW/ano]	1756	2004	1431
Benefício económico [€/ano]	193 €	220 €	157 €
Investimento lâmpadas [€]	922 €	760 €	715 €
Período de retorno [anos]	4,8	3,4	4,5

A iluminação dos escritórios é constituída na totalidade por lâmpadas fluorescente T8, havendo também lâmpadas fluorescentes compactas de 18W no WC e corredor principal. No WC o consumo é muito residual, estimando-se cerca de 3% do consumo total da iluminação neste sector e no corredor, com a utilização de sensores de movimento estima-se cerca de 1%. Assim, por representarem uma fatia quase insignificante quer no consumo quer na utilização, ficaram fora deste estudo.

São assim apresentadas como opção para a substituição das lâmpadas fluorescentes T8, lâmpadas tubulares LED com as potências de 10W para substituir as de 18W, de 20W para

as de 36W e de 25W para as de 58W [18]. Como pode ser verificado na Tabela 36, com a substituição, existe uma economia média de 60%, representando cerca de 570€, com um *payback* médio de 4,2 anos.

Relativamente às naves de fabrico do lote 3, a Tabela 37 apresenta a iluminação actual e a proposta.

Tabela 37 - Apresentação da iluminação presente nas naves de fabrico do lote 3 e respectiva proposta.

Iluminação actual	
Tipo de lâmpada	Iodetos metálicos
Potência nominal [W]	400
Tipo de balastro	Ferromagnético
Nº de lâmpadas	68
Consumo unitário do sistema [W]	630
Consumo eléctrico [kW/ano]	90480
Custo anual [€/ano]	9953 €
Iluminação proposta	
Tipo de lâmpada	Campânula LED
Potência nominal [W]	200
Nº de lâmpadas	68
Consumo unitário do sistema [W]	200
Consumo eléctrico [kW/ano]	28728
Custo anual [€/ano]	3160 €
Economia	68%
Benefício energético [kW/ano]	61752
Benefício económico [€/ano]	6793 €
Investimento lâmpadas [€]	13121 €
Período de retorno [anos]	1,9

A iluminação das naves de fabrico do lote 3 é constituída por lâmpadas de iodetos metálicos com uma potência nominal de 400W. Estas apresentam uma grande percentagem de reactância o que leva a quase a um consumo unitário de 630W. Desta forma é sugerida a sua substituição por campânulas LED de 200W quer permitem a manutenção da luminosidade representado uma economia de 68% face à utilização de iodetos metálicos. Com um benefício económico de cerca de 6800€ por ano, esta alteração apresenta um *payback* de 1,9 anos.

No que respeita ao lote 27, a iluminação deste é completamente constituída por lâmpadas tubulares T8 com balastro ferromagnético. Como se tratam de instalações utilizadas apenas para fabrico, apenas será tida em consideração a nave de fabrico. A Tabela 38 apresenta a respectiva iluminação, actual e proposta.

Tabela 38 - Apresentação da iluminação presente nas naves de fabrico do lote 27 e respectiva proposta.

Iluminação actual	
Tipo de lâmpada	Fluorescente tubular T8
Potência nominal [W]	58
Tipo de balastro	Ferromagnético
Nº de lâmpadas	64
Consumo unitário do sistema [W]	72,5
Consumo eléctrico [kW/ano]	11028
Custo anual [€/ano]	1213 €
Iluminação proposta	
Tipo de lâmpada	LED tubular T8
Potência nominal [W]	25
Nº de lâmpadas	64
Consumo unitário do sistema [W]	25
Consumo eléctrico [kW/ano]	3804
Custo anual [€/ano]	418 €
Economia	66%
Benefício energético [kW/ano]	7224
Benefício económico [€/ano]	795 €
Investimento lâmpadas [€]	1760 €
Período de retorno [anos]	2,2

A iluminação da nave de fabrico do lote 27 é constituída, como visto anteriormente, por lâmpadas fluorescentes T8 agrupadas duas a duas em armaduras metálicas e alimentadas por balastros ferromagnéticos de baixa eficiência. É assim sugerida a sua substituição por lâmpadas tubulares T8 LED com 25W. Esta substituição representa uma economia de 66% face à utilização de lâmpadas T8 convencionais. Com um benefício económico de cerca de 800€ por ano, esta alteração apresenta um *payback* de 2,2 anos.

No lote 3 existem ainda quatro projectores que são ligados por sensor crepuscular (entre as 18h e as 6h) todos os dias do ano. A Tabela 39 apresenta as suas características e respectiva proposta de substituição.

Tabela 39 - Apresentação dos projectores presentes no lote 3 e respectiva proposta.

Iluminação actual	
Tipo de lâmpada	Iodetos metálicos
Potência nominal [W]	400
Tipo de balastro	Ferromagnético
Nº de lâmpadas	4
Consumo unitário do sistema [W]	520
Horas de trabalho [h/ano]	4380
Consumo eléctrico [kW/ano]	2278
Custo anual [€/ano]	159 €
Iluminação proposta	
Tipo de lâmpada	Projector LED
Potência nominal [W]	150
Nº de lâmpadas	4
Consumo unitário do sistema [W]	150
Horas de trabalho [h/ano]	4380
Consumo eléctrico [kW/ano]	657
Custo anual [€/ano]	72 €
Economia	55%
Benefício energético [kW/ano]	1621
Benefício económico [€/ano]	87 €
Investimento lâmpadas [€]	500 €
Periodo de retorno [anos]	5,7

Os projectores instalados no lote 3 são constituídos por uma lâmpada de iodetos metálicos de 400W. Como não existe mais informação sobre estes foi considerada uma reactância de 30% de forma a efectuar este estudo. Assim, é sugerida a sua substituição por projectores LED de 150W que permitem uma redução de 55% face aos actuais. Esta economia representa um benefício económico de cerca de 87€ por ano com um *payback* de 5,7 anos.

6.4. Autoconsumo fotovoltaico

Antes da introdução do DL 153/2014 de 20 de Outubro, a actividade de produção descentralizada de energia eléctrica através de unidades de mini produção e microprodução provenientes de energias renováveis, era regida pelo DL 25/2013 de 20 de Outubro (que veio alterar o DL 34/2011 que por sua vez sucedeu ao DL 363/2007).

Este actual DL surge devido ao aparecimento da paridade de rede (existe paridade com a rede quando o custo da produção de energia solar se torna igual ao custo de energia

consumida, ou seja, vendida pela comercializadora), no qual foi efectuado um reajuste face à remuneração do excedente produzido proveniente destas unidades de produção, deixando de se praticar a remuneração bonificada passando a remuneração a ser feita com base na tarifa de mercado. São assim contemplados dois cenários [\[19\]](#):

1. Geração de electricidade para autoconsumo baseada em tecnologias de produção renováveis ou não renováveis. Pretende-se satisfazer as necessidades eléctricas do produtor e de preferência sem prejuízo do excedente de produção ser injectado na rede eléctrica de serviço público (RESP). Neste cenário, a unidade de produção para autoconsumo (UPAC) poderá estar ou não associada a um contrato de fornecimento de electricidade com um comercializador;
2. Geração de electricidade a partir de uma unidade de pequena produção distribuída (UPP) com ligação à RESP, recorrendo a recursos renováveis, sendo a totalidade da geração vendida à rede.

Assim, de acordo com o ponto 1, uma instalação pode produzir a sua própria energia, podendo o excedente produzido ser injectado na RESP. No entanto, o DL 153/2014 define ainda que o produtor beneficia quando a unidade de produção é dimensionada de acordo com as efectivas necessidades de consumo da instalação associada à unidade. Como nem sempre é possível evitar o excedente de produção, o mesmo DL apresenta os trâmites legais para a venda do excedente à rede, a preço de mercado. Nesta situação em que o produtor opta por vender o excedente produzido à rede, torna-se obrigatória a telecontagem da electricidade total produzida pela UPAC através de um contador direccionado.

O autoconsumo fotovoltaico pode então tornar-se um investimento válido para produzir a energia necessária para as necessidades da empresa, nomeadamente nas horas de ponta e cheias em que a energia é mais cara e em que coincide com o período do dia em que a energia solar melhor pode ser aproveitada. O excedente embora seja vendido à rede a preço de mercado permite evitar desperdícios possibilitando algum retorno financeiro.

Assim sendo, o modelo ideal para a implementação de uma UPAC será com ligação e injeção na rede, sendo que a energia consumida na instalação eléctrica é obtida, preferencialmente, a partir da produção local, ou seja, autoconsumida. Quando a produção

de energia local não é suficiente de modo a fazer face ao consumo, o défice de energia existente é colmatado através da rede eléctrica. A energia excedente é injectada na rede eléctrica e deve respeitar algumas condições, nomeadamente ao nível da potência injectada e nível de tensão. Por fim, os fluxos de energia são medidos, separadamente, através de um contador bidireccional e posteriormente tarifados de acordo com o DL 153/2014 [20]. Este modelo de autoconsumo pode tratar-se de um sistema sem acumulação de energia ou com acumulação de energia. Embora possibilite a utilização da energia excedente, um sistema com acumulação prevê um investimento inicial superior devido à necessidade de baterias e de um sistema de controlo de carga.

Desta forma, para determinar a viabilidade da instalação de uma UPAC nas instalações do lote 3 foi simulada através do *software PVSyst* a produção um sistema de autoconsumo instantâneo, sem acumulação de energia, adaptado às necessidades da empresa.

Após uma análise às infra-estruturas da empresa verificou-se que existem disponíveis para a instalação de painéis solares, cerca de 1900 m². Contando com os telhados das naves de fabrico e do edifício dos escritórios. No entanto, visto os telhados das naves serem orientados no sentido Norte-Sul e tendo em consideração que para otimizar a produção fotovoltaica durante todo o ano, estes sejam instalados com orientação a Sul, considera-se uma área de 970 m². A Figura 6a, apresentada na secção 2.2 mostra as infraestruturas referidas. De notar que esta imagem é anterior à requalificação do telhado das naves de fabrico onde foram colocadas placas translúcidas. A área destas placas representa cerca de 15% da área total e o espaço total disponível teve em consideração esta ocupação.

Com o auxílio do *PVSyst* é possível simular um sistema de autoconsumo que se adapte às necessidades energéticas da empresa. Foram então escolhidos para este estudo painéis da REC modelo REC 260PE. Este painel é composto por 60 células policristalinas protegidas por vidro temperado de 3,2 mm de espessura com tratamento anti-reflexo. A sua potência nominal é de 260W, apresentando uma eficiência de 15,8%. Têm 10 anos de garantia e um tempo de vida de 25 anos em condições de funcionamento normais. A regressão máxima de potência é apenas de 0,7% por ano, sendo esta uma regressão linear (sem quebras acentuadas de eficiência). As suas características principais são apresentadas na Figura 51.

Basic data		Additional Data		Model parameters		Sizes and Technology		Commercial		Graphs	
Model	REC 260PE / PE-BLK			Manufacturer	REC						
File name	REC_260PE_BLK.PAN			Data source	Manufacturer 2015						
Original PVsyst database				Prod. from 2014							
Nom. Power (at STC)		260.0 Wp		Tol. -/+	0.0 1.9 %		Technology		Si-poly		
Manufacturer specifications or other Measurements											
Reference conditions:	GRef	1000 W/m²		TRef	25 °C						
Short-circuit current	Isc	9.010 A		Open circuit Voc	37.80 V						
Max Power Point:	Imp	8.470 A		Vmpp	30.70 V						
Temperature coefficient	mulsc	2.2 mA/°C									
	or mulsc	0.024 %/°C									
				Nb cells		60 in series					
Internal model result tool											
Operating conditions	GOper	1000 W/m²		TOper	25 °C						
Max Power Point:	Pmpp	260.0 W		Temper. coeff.	-0.40 %/°C						
	Current Imp	8.46 A		Voltage Vmpp	30.7 V						
	Short-circuit current Isc	9.01 A		Open circuit Voc	37.8 V						
Efficiency	/ Cells area	17.81 %		/ Module area	15.76 %						
Model summary											
Main parameters											
R shunt		300 ohm									
Rsh(G=0)		1200 ohm									
R serie model		0.30 ohm									
R serie max.		0.35 ohm									
R serie apparent		0.47 ohm									
Model parameters											
Gamma		0.983									
IoRef		0.13 nA									
muVoc		-116 mV/°C									

Figura 51 - Principais características do painel REC 260PE. Fonte: PVsyst

Visto a venda de energia à rede não ser compensatória do ponto de vista financeiro, o sistema de autoconsumo deve produzir a energia necessária às instalações, evitando os desnecessários excedentes. Assim, foi dimensionado um sistema com 22 módulos em série, em 10 fileiras. Este sistema tem uma potência nominal de 57,2 kWp.

Determinada a potência do sistema, é possível escolher o inversor necessário para a instalação. Optou-se por dois inversores da Fronius modelo ECO 25.0-3-S. Este modelo apresenta uma potência nominal de 25 kW com uma eficiência máxima de 98,23% e uma garantia de 5 anos. A Figura 52 apresenta as suas características gerais.

Model	ECO 25.0-3-S	Manufacturer	Fronius International
File name	Fronius_ECO 25_0_3_S.DND	Data source	Manufacturer 2016
Original PVsyst database		Prod. from 2015	

Input side (DC PV field)		Output side (AC grid)	
Minimum MPP Voltage	580 V	Monophased	Frequency
Min. Voltage for PNom	580 V	<input checked="" type="radio"/> Triphased	<input checked="" type="checkbox"/> 50 Hz
Nominal MPP Voltage	580 V	<input type="radio"/> Biphased	<input checked="" type="checkbox"/> 60 Hz
Maximum MPP Voltage	850 V	Grid Voltage	400 V
Absolute max. PV Voltage	1000 V	Nominal AC Power	25.0 kVA
Power Threshold	20 W	Maximum AC Power	25.0 kVA
Contractual specifications, without real physical meaning		Nominal AC current	36.2 A
Required		Maximum AC current	42.0 A
Nominal PV Power	25.5 kW	Efficiency	
Maximum PV Power	35.7 kW	Maximum efficiency	98.23 %
Maximum PV Current	71.6 A	<input checked="" type="checkbox"/> Efficiency defined for 3 voltages	

Figura 52 - Principais características do inversor Fronius ECO 25.0-3-S. Fonte: PVsyst

A Figura 53 apresenta um resumo das características da UPAC simulada.

Main system parameters		System type	Grid-Connected		
PV Field Orientation		tilt	34°	azimuth	0°
PV modules		Model	REC 260PE / PE-BLK	Pnom	260 Wp
PV Array		Nb. of modules	220	Pnom total	57.2 kWp
Inverter		Model	ECO 25.0-3-S	Pnom	25.00 kW ac
Inverter pack		Nb. of units	2.0	Pnom total	50.0 kW ac
User's needs		Ext. defined as file	Hourly_Parameter_Templ	global	221 MWh/year

Main simulation results					
System Production	Produced Energy	98.59 MWh/year	Specific prod.	1724 kWh/kWp/year	
	Performance Ratio PR	84.38 %	Solar Fraction SF	31.64 %	

Figura 53 - Características gerais da UPAC simulada. Fonte: PVsyst

Conforme se pode verificar na através da Figura 53 trata-se de um sistema ligado à rede, os painéis são instalados com uma inclinação de 34° e um azimute de 0°, ou seja, orientado para Sul, contabilizando um total de 220 módulos com uma potência nominal de 57,2 kWp e 2 inversores com uma potência nominal de 50 kW. Apresenta uma produção anual de 98,59 MWh com um índice de desempenho de 84,38%.

A optimização do sistema fotovoltaico e a verificação da viabilidade da respectiva instalação como UPAC é determinada por meio de critérios de análise económica, com base na

comparação de custos e benefícios esperados. Assim, os custos associados ao investimento inicial da implementação do projecto, correspondente ao custo dos equipamentos principais que integram a UPAC são apresentados na Tabela 40.

Tabela 40 - Principais componentes da UPAC proposta e seus valores.

Componente	Quantidade	Preço unitário	Preço total
Módulo fotovoltaico REC 260PE	220	€ 159,06	€ 34 993,20
Inversor Fronius ECO 25.0-3-S	2	€ 2 020,00	€ 4 040,00
Estrutura	220	€ 41.18	€ 9 059,60
TOTAL			€ 48 092,80

A estes valores acrescem os valores do restante equipamento, correspondente aos circuitos CA, CC e ligação à RESP, nomeadamente cablagens, quadros eléctricos, fusíveis e afins, bem como a montagem e mão-de-obra. Este valor corresponde normalmente a cerca de 15% do equipamento principal [\[21\]](#).

Conhecendo os valores para a implementação do sistema é possível calcular os indicadores económicos de avaliação do projecto. Para isso são consideradas as condições apresentadas na Tabela 41.

Tabela 41 - Condições técnico-financeiras consideradas para a simulação.

Período de análise	25 Anos
Taxa de actualização de capital	2,00%
Aumento do custo de energia	3,20%
Depreciação da produção anual	0,70%
Comparticipação	0%

A Tabela 42 apresenta a análise financeira.

Tabela 42 - Desempenho financeiro da UPAC simulada.

Investimento Total s/IVA (€)	56125,41
Poupança no primeiro ano (€)	8.873,11
VAL - Valor Actualizado Líquido (€)	158816,11
TIR - Taxa Interna de Rentabilidade (%)	14,31%
ROI - Retorno de Investimento (€)	2,83
PRIA - Payback c/ actualização de capital	6 Anos e 11 Meses
LCOE - Levelized Cost of Energy (€/kWh)	0,035
Tarifa Média Evitada (€/kWh)	0,094
Custo por Wp instalado (€)	0,98

Em termos económicos, o retorno de investimento ocorre no final do 6º ano de vida do projecto, o qual tem uma TIR de 14,31% e um ROI de 2,83€.

A Tabela 43 apresenta os dados energéticos previstos em 25 anos de vida útil.

Tabela 43 - Dados energéticos previstos em 25 anos para a UPAC simulada.

Energia comprada à rede [MWh]	8502,8
Energia autoconsumida [MWh]	1506,5
Energia vendida à rede [MWh]	602,7
Toneladas de carbono evitadas [ton]	1463,8

7. CONCLUSÕES

A análise dos consumos energéticos revelou a empresa como um não consumidor intensivo de energia, cujo consumo médio se situa nos 40 tep/ano. Após desagregação de consumos, verificou-se que os escritórios e a oficina apresentam consumos equiparados. Considerando que o período de monitorização coincidiu com uma época de baixa produção, e tendo em conta que o funcionamento dos escritórios manteve a normalidade, existe uma tendência para o consumo dos últimos representar uma parcela mais alta. O consumo da oficina tenderá para um valor mais inconstante e, nas referidas circunstâncias, forçosamente mais baixo, dado que se encontra dependente da cadência de produção.

Relativamente à desagregação de consumos por utilização, verifica-se nos escritórios uma forte dependência do sistema informático, que representa mais de metade dos consumos no sector, seguindo-se a climatização e a iluminação. Na oficina observou-se uma maior dependência da iluminação, seguindo-se a ferramentaria e o processo de soldadura. Com menor peso no consumo estão os processos de corte e montagem e a produção de ar comprimido.

Da abordagem à iluminação conclui-se que a mesma se encontra desajustada, tanto nos escritórios como nas várias naves de fabrico, e que os equipamentos estão envelhecidos. A proposta de iluminação baseou-se na remodelação das fontes de luz artificiais, propondo-se a sua substituição por sistemas de iluminação LED. O conjunto de medidas elaboradas consiste na instalação de lâmpadas tubulares LED T8 nos locais onde estão as convencionais fluorescentes tubulares, e na utilização de campânulas LED em detrimento das lâmpadas de iodetos metálicos. Verificou-se que existe um bom aproveitamento da luz natural tanto nos escritórios, onde apenas duas salas se encontram totalmente dependentes de iluminação artificial, bem como nas naves de fabrico da oficina, nomeadamente no lote 3, onde foram recentemente colocadas placas translúcidas de policarbonato. Na nave de fabrico do lote 27 constatou-se uma forte dependência da iluminação artificial, devido à ineficiência das placas translúcidas. Desta forma, é fortemente aconselhada a sua renovação, tal como aconteceu no lote 3, fazendo-se assim um maior aproveitamento da luz natural. A substituição da actual iluminação por sistemas LED representa um investimento de cerca de 18000€, o qual permitiria uma redução anual nos custos que ronda os 8600€ – equivalente a um decréscimo de utilização de energia média de 61%.

Da análise da factura energética verificou-se a facturação de energia reactiva indutiva no lote 27, a qual representou em média, entre 2012 e 2014, cerca de 26% do custo total de energia facturada. Assim, sugere-se a aquisição de um banco de condensadores, cuja capacidade deverá ser de 25 kVAr, podendo esta ser fixa ou automática. A automática, embora represente um investimento mais avultado, permite o escalonamento da energia reactiva produzida, evitando a sua injeção na rede. A aquisição do banco de condensadores permitiria uma redução de cerca de 1500€ anuais na factura energética, se considerarmos o ano de maior facturação - 2013.

Com o aumento significativo das tarifas energéticas e com a previsão do seu agravamento nos próximos anos, está-se a consolidar a paridade da rede em Portugal, ou seja, caminha-se para um ponto em que os custos da electricidade produzida através da tecnologia fotovoltaica são inferiores ao custo médio da energia eléctrica adquirida aos comercializadores. Desta forma, o autoconsumo torna-se um investimento apeteável do ponto de vista do consumidor, que vê na produção de energia com recurso a fontes renováveis uma forma de reduzir os custos energéticos.

Foi assim simulada uma unidade UPAC, de forma a estudar a viabilidade da sua instalação no lote 3 da empresa. Trata-se de uma unidade de autoconsumo instantâneo sem acumulação de carga, que permite minimizar o consumo de energia da RESP nas horas de ponta e cheias sem o custo acrescido que advém da aquisição de baterias. Para a simulação foi considerado o ano de 2013, no qual se verificou um maior consumo. Com o auxílio do *software* PVSyst foram definidos os módulos fotovoltaicos e inversores a utilizar, a quantidade e a sua orientação, bem como quais as necessidades energéticas da empresa com recurso aos seus diagramas de carga. A partir da simulação do sistema verifica-se que o *payback* é atingido em 6 anos e 11 meses, com um VAL de 158816,11€ e um TIR de 14,31%. Por se ter considerado o ano de 2013 como referência para este estudo, os valores em questão encontram-se sobredimensionados, conduzindo a um elevado excedente de energia que será vendido à RESP. Ainda assim, verifica-se a viabilidade e rentabilidade do projecto.

Hoje, mais do que nunca, as motivações para a eficiência energética são tão imperativas quanto rentáveis. Em Portugal, as PME não são abrangidas pelo programa de incentivo nacional, o SGCIE, e, por isso, não são legalmente estimuladas a melhorar a forma como usam a energia. Tal, leva frequentemente a situações em que se verificam oportunidades de

racionalização de consumos vantajosas, que poderiam ser adoptadas, com vista ao aumento da eficiência energética das instalações e à redução de custos monetários, o que as tornaria mais competitivas.

Finalmente, no que diz respeito à QAI e CT, esta análise permitiu identificar várias situações anómalas no local de monitorização, o GT. Os valores da análise ao CO₂ revelam um aumento da sua concentração ao longo do dia, que deverá ser consequente da ocupação do espaço. Uma forma de corrigir a ineficiente ventilação do local será a adopção de ventilação forçada, a qual permitiria assegurar as necessidades de renovação do ar. Também a análise aos COVT revelou valores acima dos recomendados, nomeadamente no primeiro dia de medições. No segundo dia, por sua vez, os registos mantiveram-se dentro dos limites legais. Esta disparidade poderá estar relacionada com uma contaminação ou mesmo externa, pois, como verificado, os valores mínimos registados já se encontram dentro do valor de tolerância, acima do valor limite definido por lei. Recomenda-se a monitorização durante um período de tempo mais alargado, até que a situação esteja perfeitamente caracterizada. Os valores de temperatura recolhidos no gabinete revelam-se superiores ao limite máximo recomendado, o que provoca uma sensação de desconforto térmico aos seus ocupantes. Esta situação pode ser ultrapassada através da utilização dos equipamentos de climatização presentes. No que diz respeito à humidade relativa, os dados recolhidos foram sempre inferiores a 50%, chegando inclusivamente a atingir valores abaixo do mínimo recomendado. Estes registos revelam uma ventilação ineficiente que, tal como na análise do CO₂, poderá ser corrigida com a adopção de um mecanismo de ventilação forçada.

REFERÊNCIAS

- [1] VIEIRA, Miguel Sérgio Martins Vieira - Auditoria e Optimização Energética de uma Unidade Fabril. Lisboa: Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2009. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Mecânica.
- [2] Centre for Renewable Energy Sources - Energy Audit Guide – Part A: Methodology and Technics. European Commission, 2000.
- [3] THUMANN, Albert; YOUNGER, William J. - **Handbook of Energy Audits**. 6th ed. New York and Basel: Marcel Dekker, 2003. ISBN 0-88173-423-3
- [4] Caramelo, Susana [et al.] Manual de apoio à aplicação do RCCTE. 1st ed. Lisboa: INETI, 2005. ISBN 972-
- [5] Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013, 10 de abril de 2013, *Diário da República*, 1.ª série — N.º 70.
- [6] AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE. **Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE)**. APA. [Consult. 15 Ago 2016]. Disponível em: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=295>
- [7] AGÊNCIA PARA A ENERGIA. **Planos e Programas**. [Em linha]. Lisboa: ADENE. [Consult. 15 Ago 2016]. Disponível em: <http://www.adene.pt/planos-e-programas>
- [8] FERNANDES, João Ricardo Madeira - Auditoria Energética a um Edifício de Indústria. Lisboa: Faculdade de Ciências, 2014. Tese de Mestrado. Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia.
- [9] SISTEMAS DE GESTÃO DOS CONSUMOS INTENSIVOS DE ENERGIA. **Enquadramento e Objetivos**. SGCIE. [Consult. 18 Ago 2016]. Disponível em: <http://sgcie.publico.adene.pt/SGCIE/Paginas/Enquadramento.aspx>
- [10] RODRIGUES, Filipe João Martins - Avaliação da Qualidade do Ar Interior em Salas de Aulas sem Sistemas AVAC. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária, 2013. Dissertação de Mestrado.
- [11] Portaria n.º 353-A/2013, 4 de Dezembro de 2013, *Diário da República*, 1.ª série — N.º 235. Ministérios do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia, da Saúde e da Solidariedade e Segurança Social.

- [12] GASPAR, Carlos - Eficiência Energética na Indústria. Gaia: ADENE, 2004. Cursos de utilização racional de energia.
- [13] IBERDROLA. **Manual de boas praticas**. [Consult. 18 Ago 2016]. Disponível em: http://www.iberdrola.pt/02sicb/gc/prod/pt_PT/aboutus/docs/MANUAL_BOAS_PRACTICAS.pdf
- [14] Despacho n.º 725/2010, 26 de Abril de 2010, *Diário da República*, 2.ª série — N.º 80. Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.
- [15] ISO 7730:2005 *Ergonomics of the thermal environment*. Genova: International Organization of Standardization Central Secretariat.
- [16] Parecer Interpretativo n.º 1/2012, 15 de Junho de 2012, Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.
- [17] ENERGIAS DE PORTUGAL. **Contracto de fornecimento de energia eléctrica em BTE e MT. EDP** [Consult. 18 Ago 2016]. Disponível em: https://www.edpsu.pt/pt/EDP%20Docs/CondicoesGeraisContrato_BTE_MT.pdf
- [18] PHILIPS. **Hassle-free retrofit LED solutions**. Koninklijke Philips N.V. [Consult. 29 Ago 2016]. Disponível em: http://www.lighting.philips.be/b-dam/b2b-li/en_AA/MasterLED/MASTER_LEDtube_Value_Instantfit_brochure.pdf
- [19] Decreto-Lei n.º 153/2014, 20 de Outubro de 2014. *Diário da República*, 1ª Série – N.º 202. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia. Lisboa.
- [20] COSTA, Sara Daniela Magalhães - Simulação de modelos de remuneração e estudo de mercado para sistemas fotovoltaicos de autoconsumo. Porto: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia do Porto, 2014. Dissertação de Mestrado.
- [21] RAMALHO, Inês Gomes - Análise do Regime de Produção Distribuída Fotovoltaica para Autoconsumo. Lisboa: Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2016. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia.